ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1946

THESE

N° 6

POUR LE

DOCTORAT VETERINAIRE

Présentée et soutenue publiquement
devant la Faculté de Médecine de Toulouse
le 15 Janvier 1946

PAR

STROHL Alain
Né le 7 Mars 1921, à Paris (XIV[e]).

FLOTTE FRIGORIFIQUE ET TRANSPORT MARITIME DES VIANDES SOUS REGIME DU FROID

JURY DE THÈSE
- Président : M. ROQUES, Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.
- Assesseurs : M. LOMBARD, M. BERTHELON — Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

PARIS
IMPRIMERIE R. FOULON
29, RUE DEPARCIEUX, 29
1946

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

Nom du Candidat : **STROHL.**

Prénom : **Alain.**

Date de soutenance : 15 Janvier 1946,

Numéro d'ordre :

(Ces deux mentions seront complétées par le Service de la Bibliothèque.)

STROHL (Alain). — Flotte frigorifique et transport maritime des viandes sous régime du froid. — Paris, Imp. R. Foulon, 1946, *in*-8°, 116 *p.*, 3 *fig.*

(*Thèse Vétérinaire, Toulouse,* N° 6).

STROHL (Alain). — Flotte frigorifique et transport maritime des viandes sous régime du froid. — Paris, Imp. R. Foulon, 1946, *in*-8°, 116 *p.*, 3 *fig.*

(*Thèse Vétérinaire, Toulouse,* N° 6).

STROHL (Alain). — Flotte frigorifique et transport maritime des viandes sous régime du froid. — Paris, Imp. R. Foulon, 1946, *in*-8°, 116 *p.*, 3 *fig.*

(*Thèse Vétérinaire, Toulouse,* N° 6).

STROHL (Alain). — Flotte frigorifique et transport maritime des viandes sous régime du froid. — Paris, Imp. R. Foulon, 1946, *in*-8°, 116 *p.*, 3 *fig.*

(*Thèse Vétérinaire, Toulouse,* N° 6).

ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE TOULOUSE

ANNÉE 1946

THESE

N° 6

POUR LE

DOCTORAT VETERINAIRE

Présentée et soutenue publiquement
devant la Faculté de Médecine de Toulouse
le 15 Janvier 1946

PAR

STROHL Alain

Né le 7 Mars 1921, à Paris (XIV[e]).

FLOTTE FRIGORIFIQUE ET TRANSPORT MARITIME DES VIANDES SOUS REGIME DU FROID

JURY DE THÈSE
Président : M. ROQUES, Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse.
Assesseurs : M. LOMBARD, M. BERTHELON — Professeur à l'École Nationale Vétérinaire de Toulouse

PARIS
IMPRIMERIE R. FOULON
29, RUE DEPARCIEUX, 29
1946

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE TOULOUSE

PERSONNEL ENSEIGNANT

	MM.
Directeurs Honoraires	CUILLÉ. MARTIN.
Professeur honoraire	LECLAINCHÉ.
Directeur	PONS.

PROFESSEURS

Chaires :

1 — Chimie et Pharmacie	N...
2 — Anatomie.	N...
3 — Physiologie	N...
4 — Anatomie pathologique — Inspection des viandes.	LOMBARD.
5 — Parasitologie	N...
6 — Médecine	DARRASPEN.
7 — Chirurgie	LASSERRE.
8 — Pathologie du bétail	BERTHELON.
9 — Maladies microbiennes	
10 — Zootechnie	PONS.

PROFESSEUR AGRÉGÉ

Parasitologie	BRIZARD.

AGRÉGÉS

Anatomie	BENOIT.
Zootechnie	LADRAT.

CHEFS DE TRAVAUX

Chimie et Pharmacie	GODFRAIN.
Médecine	FLORIO.
Chirurgie	PUGET.
Pathologie du bétail	TOURNUT.

ASSISTANTS

Médecine	JUTEAU.
Chirurgie	GOUDABIÉ.
Maladies contagieuses	JOUBERT.

COURS COMPLÉMENTAIRES

Pisciculture et maladie des poissons	SECONDAT.

La Faculté et l'Ecole déclarent n'être pas responsables des opinions émises par les candidats (délibération de la Faculté en date du 10 mai 1891 et du Conseil de l'Ecole en date du 13 juin 1924).

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

A LA MEMOIRE DE MON PERE

A MA MERE

A MON FRERE

A MA FIANCEE

A TOUS MES PARENTS ET AMIS

A NOTRE PRESIDENT DE THESE

A Monsieur le Professeur ROQUES

Officier de la Légion d'Honneur
Chef de Clinique Médicale à la Faculté

Qui nous a fait le grand honneur d'accepter la présidence de notre Jury de Thèse.

Respectueux hommages et vifs remerciements pour cette nouvelle marque d'intérêt.

A NOTRE JURY DE THESE

A Monsieur le Professeur LOMBARD

Qui nous a inspiré ce sujet et a grandement facilité notre tâche par ses conseils précieux.

Expression de nos sentiments profondément reconnaissants et très respectueux.

A Monsieur le Professeur BERTHELON

Avec nos remerciements pour sa grande bienveillance.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR PETIT

Inspecteur des Ecoles Nationales Vétérinaires

En souvenir de son enseignement si vivant et si clair.

Témoignage de profonde gratitude pour l'intérêt qu'il a bien voulu toujours nous porter.

A TOUS NOS MAITRES

INTRODUCTION

— Au moment où nous entreprenons cette étude sur les transports des viandes d'Outre-Mer, notre pays, plus éprouvé que bien d'autres, par le récent bouleversement mondial, se trouve devant l'immense tâche de relever ses ruines et de rénover son système économique. Reconstructions, reprise des productions agricoles et industrielles, rétablissement d'un réseau de communications, échanges avec nos Colonies et l'Etranger, sont autant de problèmes, abordés depuis un an, dont nous ne viendrons à bout qu'au prix d'un travail acharné, dirigé par une organisation minutieuse et soutenue par une politique savante de redressement financier.

Doit-on situer dès maintenant dans ce cadre la question de l'importation des viandes ? Présente-t-elle un caractère d'importance et d'urgence nécessitant l'attention immédiate du gouvernement submergé par tant d'autres besognes primordiales ? Nous le croyons, parce que notre cheptel national n'a jamais été en mesure de subvenir entièrement aux besoins de notre consommation et s'est révélé plus particulièrement insuffisant au cours des dernières guerres, lorsqu'il a fallu faire face aux énormes besoins d'une armée en campagne.

Sans nous leurrer, devant une flotte démembrée, sur les difficultés auxquelles se heurte la reprise active des transports maritimes, nous ne désespérons pas de la voir se confirmer, et devenir même plus prospère qu'elle ne le fut jamais.

— Nous puiserons dans un bref aperçu historique les leçons du passé, à la lumière de nos graves mécomptes et de nos lourdes pertes financières.

— Nous essayerons ensuite de décrire les installations frigorifiques construites à bord des navires destinés aux transports des viandes, et de les comparer, en passant, avec celles des navires aménagés pour des cargaisons d'autres denrées alimentaires.

— Nous signalerons les règles absolues et les détails à observer pour mener à bien ces transports, lesquels ne sont pas en tous points identiques, lorsqu'il s'agit de viandes réfrigérées ou de viandes congelées.

Nous nous trouverons donc en pleine étude de cette « chaîne du froid », expression universellement adoptée, parfaitement appropriée aux transports sous température dirigée, et dont nous désirons, en somme, envisager plus particulièrement l'un des maillons. Mais cette chaîne nous amènera fatalement, tant elle forme un tout solidement uni, à déborder notre sujet, à considérer les maillons adjacents et leurs liaisons avec le nôtre. Il s'agira donc des dispositions à prendre à terre, avant et après le passage sur les bateaux, et des précautions pour l'embarquement et le débarquement.

— Nous aborderons enfin les possibilités d'avenir, souhaitant un concours croissant de nos colonies dans l'approvisionnement de la Métropole, car l'augmentation d'un tel courant serait une cause de prospérité pour nos possessions, et par contre-coup pour le pays lui-même. Il serait fait appel à l'importation étrangère dans la mesure seulement où ce supplément de viandes coloniales serait insuffisant.

Mais puisqu'il nous faut aujourd'hui reconstruire des navires frigorifiques, remettre en état nos entrepôts, et songer à organiser une exploitation rationnelle du cheptel colonial, allons-nous nous cantonner dans les anciennes méthodes, considérées comme parvenues à leur stade de perfection ? Il y aurait plutôt lieu certes de tenir compte des progrès réalisés ces derniers temps, et des expériences faites chez nous ou ailleurs. Le moment est venu d'en tirer notre profit, et, sans vouloir établir de prévisions catégoriques, faute de posséder les données voulues dans toute leur complexité, nous envisagerons les nouvelles voies qui s'offrent.

— Nous ne craindrons donc pas de noter les réalisations des autres pays, particulièrement ceux d'Amérique du Sud, où la technique du froid est utilisée avec grand succès sur une échelle immense.

— La conservation des viandes par le froid, tout ce qui concerne l'amélioration des conditions d'hygiène, la sécurité offerte par ces denrées aux consommateurs, ainsi que le maintien de toutes leurs qualités organoleptiques, sont matières à intéresser en tout premier chef les vétérinaires, qui par ailleurs participent en leur domaine à la vie économique. C'est dans cet esprit que nous nous sommes simplement proposés de faire le point sur les procédés actuels de transport maritime des viandes.

— Nous tenons, au préalable, à exprimer notre grande reconnaissance à Monsieur le Docteur PIETTRE, qui a bien voulu nous faire profiter de sa longue expérience et mettre à notre disposition l'abondante documentation de l'Institut International du Froid; ainsi qu'à Monsieur le Vétérinaire Lieutenant-Colonel GUYOT, Chef du Laboratoire de Microbiologie du Service des Subsistances; à Monsieur PARDINEL de la Société d'études pour l'Equipement Frigorifique de l'Afrique et à tous ceux qui ont largement facilité nos recherches.

HISTORIQUE

I. — INVENTION DES MACHINES A FROID ET PREMIERES APPLICATIONS AUX TRANSPORTS MARITIMES DES VIANDES

Ce fut un Français, Ferdinand CARRÉ, qui construisit la première machine à froid industrielle, et prit, le 27 août 1845, un Brevet pour sa Machine à absorption d'ammoniaque. Il fit fonctionner de plus, en 1857, dans une Brasserie de Marseille, une machine à détente de vapeur d'éther méthylique, et étudia en détail le fonctionnement des condenseurs, des échangeurs de chaleur et des soupapes.

L'application du froid aux denrées alimentaires est due également à un Français, l'ingénieur Charles TELLIER, qui en fit les premières études dans son Usine d'Auteuil. Lorsqu'elles furent parfaitement au point, en 1873, il en fit part à l'Académie des Sciences, qui nomma une Commission chargée de contrôler ses dires, et dont Henri BOULEY, Inspecteur des Ecoles Vétérinaires, fut le rapporteur. Les conclusions très encourageantes, obtenues alors, figurent parmi les comptes-rendus de l'Académie des Sciences de 1875.

La conservation des denrées fut reconnue presqu'illimitée, à condition de respecter la constance de la température, une pureté suffisante de l'air et un degré hygrométrique voulu.

Cependant, tandis que TELLIER poursuivait ses travaux, une petite usine à congélation était créée, en 1861, à Sydney par un Anglais, MORT, et un Français, NICOLLE.

Tellier entreprit aussi l'aménagement de cales refroidies sur les navires; il consacra une grande partie de ses ressources personnelles à la construction d'un navire de 650 tonneaux, le « Frigorifique » sur lequel furent établies trois machines frigorifiques de 20.000 frigories/heure chacune.

Le 10 septembre 1876, le navire quitta Rouen avec une petite cargaison de viande réfrigérée maintenue à 0°, qu'il amena à La Plata en 105 jours en assez bon état de conservation.

Reparti avec 95 carcasses de bovins et 200 carcasses de moutons, il rencontra et ravitailla en cours de courte l'Escadre Française de l'Atlantique. Le reste fut consommé à Paris, en août 1877, après 110 jours de voyage, et fut jugé en excellentes conditions.

Le « Frigorifique », après avoir attiré l'attention des visiteurs à l'Exposition de 1878, fut vendu et jamais plus utilisé pour le transport de denrées réfrigérées.

Vers la même époque, en 1876, un essai analogue de transport de viandes frigorifiées d'Argentine sur l'Angleterre se solda par un échec.

Par contre, toujours en 1877, une société marseillaise avait construit, d'après les principes de F. Carré, un navire de 1.120 tonneaux, le « Paraguay », capable, grâce à ses trois machines à ammoniaque, d'amener ses cales à des températures notablement inférieures, et qui effectua le transport en 47 jours, de Marseille à Buenos-Aires, d'un bœuf et de quelques moutons congelés, maintenus à — 28°.

Au retour, le bateau quitta Buenos-Aires, chargé de 80 tonnes de viande, à destination du Havre. En cours de route, la tempête jeta le navire sur les côtes du Sénégal, avec de sérieuses avaries, tant et si bien que le voyage dura près de huit mois. Iincident heureux, peut-être, car il n'eut pas de conséquences fâcheuses sur l'état de la cargaison. Elle arriva ainsi au Havre, en juin 1878, en parfait état.

Quelques essais de transports entre Buenos-Aires, Le Havre et Paris, furent encore entrepris, de 1888 à 1900, à raison de 16 voyages par an, par M. Bossez en collaboration avec une entreprise argentine.

Mais les Français ne poursuivirent pas dans cette voie; l'importation de viande congelée en France fut presque totalement interrompue.

TELLIER, que la délégation argentine au premier Congrès International du Froid, en 1908, avait fait nommer le « Père du froid », mourut dans la pauvreté.

II. — EVOLUTION JUSQU'A LA GRANDE GUERRE

L'Etranger, par contre, dont les besoins étaient, il est vrai, plus importants, nous distança rapidement dans ce domaine de l'application du froid.

Les Pays d'Amérique du Sud réalisèrent rapidement des progrès qui permirent une exploitation modèle de leurs immenses ressources en bétail.

L'Angleterre se créa une flotte frigorifique apte à assurer son ravitaillement en toutes circonstances.

1875 voit s'ériger le grand centre de Chicago.

1877 et 1890 les frigorifiques de Campana et La Negra, en Argentine.

Quant aux exportations importantes vers la Grande-Bretagne, elles commencèrent à se faire d'Australie et d'Argentine, pays auxquels sont venus s'ajouter la Nouvelle-Zélande, l'Uruguay, le Canada, le Brésil, l'Afrique du Sud, la Chine, etc...

Effectivement, en 1880, le « Strathleven » accoste en Grande-Bretagne avec une cargaison de moutons congelés australiens, tandis que 1883 marque la première grande arrivée : Eugène TERRASSON, Français établi près de Buenos-Aires, envoie en Angleterre des quartiers postérieurs de moutons congelés.

Puis ce sont, en 1896, les viandes venant du Danemark, et le courant s'amplifie de plus en plus.

Malgré quelques insuccès, parmi lesquels un envoi de viandes réfrigérées de Nouvelle-Zélande, parvenues avariées, ce commerce ne fit que s'étendre, et, lorsqu'éclata la guerre, la Grande-Bretagne disposait d'une puissante flotte frigorifique, avec une capacité totale de 400.000 tonnes de viande.

Pendant ce temps, toute importation avait cessé en France à la suite d'une réglementation sanitaire parue en 1900, selon laquelle les viscères devaient rester adhérents aux carcasses importées. Cette condition, incompatible avec la possibilité de congeler et de transporter les viandes, cachait, cela ne fait aucun doute, une intrigue des producteurs, des bouchers et des protectionnistes, inquiets de voir naître une concurrence dangereuse, qui en réalité ne les menaçait guère.

Voilà pourquoi les quelques navires frigorifiques français existants durent être utilisés pour le trafic vers l'Angleterre.

En 1914, nous ne disposions que de 5 navires construits après 1900, par la C° des Chargeurs Réunis, pour les lignes d'Amérique du Sud. Outre des viandes congelées pour l'Angleterre, ils chargeaient des animaux vivants et diverses marchandises pour la France et l'Angleterre. Avec des chargements de 1.200 à 1.3000 tonnes chacun, ils pouvaient transporter en trois voyages et demi par an 20.000 tonnes de viandes au total.

III. — LA GUERRE DE 1914 A 1918

Or, si la consommation moyenne de viande du Français est de 40 kg. par an, celle du soldat se monte à 146 kg. et les besoins de l'Armée étaient de ce fait de 1.500 tonnes par jour, dont 1.000 seulement pouvaient être fournies par le cheptel national.

Chaque année, 180.000 tonnes au moins devaient nous parvenir de l'extérieur, ce qui nous obligea à faire appel à la flotte anglaise, et à conclure un accord qui nous mettait sous la dépendance de l'Amirauté anglaise.

La France se vit imposer un maximum de 20.000 tonnes de viandes d'importation étrangère par mois, et dut soumettre au gouvernement anglais les conditions de tous ses contrats et marchés.

En 1915, la France ayant demandé qu'il lui soit cédé des bateaux frigorifiques, se les vit refuser.

De plus, la transformation de nos navires existants se trouva très ralentie par la pénurie des matériaux dans les chantiers

navals, et nous dûmes dépenser au cours de cette guerre 500 millions de francs pour l'affrêtement des navires frigorifiques anglais.

IV. — LA PERIODE D'ENTRE LES DEUX GUERRES

Ayant compris l'importance du problème, le gouvernement constitua successivement, en 1919, un « comité chargé de centraliser l'étude des questions concernant le transport par mer ou par voies ferrées, ainsi que la conservation des denrées alimentaires », comprenant des représentant de tous les ministères, une « sous-commission des transports maritimes » et une « sous-commission des installations frigorifiques des ports », formées toutes deux par des représentants de l'Armement, entre autres.

Le Comité chargea les armateurs d'envisager un transport annuel de 400.000 tonnes de viande, dont un maximum de 50.000 venant des Colonies, le reste d'Amérique du Sud.

La Sous-Commission des Installations Frigorifiques des Ports répartit le tonnage nécessaire à l'accomplissement de ce programme entre cinq compagnies de navigation, et adopta le chiffre de 30.000 tonnes comme quantité à entreposer par mois dans les entrepôts frigorifiques des ports.

La Sous-Commission des Transports Maritimes, enfin, décida la commande de 20 navires frigorifiques et la transformation de 6 navires, à ajouter aux 11 navires existants alors.

Ce programme fut presque réalisé en 1924, date de l'apogée de notre flotte frigorifique :

26 navires, d'une capacité totale de 140.000 m^3, c'est-à-dire de 50.000 tonnes de port en lourd frigorifique, étaient en mesure de transporter 200.000 tonnes de viande par an, ou même, en temps de guerre, 280.000 tonnes.

Les frais de ces constructions furent supportés par les Compagnies de Navigation, le gouvernement ayant menacé de créer une flotte d'Etat spécialisée en ces transports, dans le cas contraire.

Malheureusement l'esprit de suite manqua, ainsi qu'en témoignent, en 1926, le rétablissement et la majoration des droits de douane, sur les viandes importées, qui furent encore augmentés cinq fois jusqu'en 1938.

Les conséquences inévitables ne tardèrent pas à apparaître, les armateurs durent supprimer la plupart des installations frigorifiques de leurs navires, et cesser d'en construire.

En 1930, heureusement, fut instauré un système d'importation de contingents limités de viande en franchise de tout droit de douane.

C'est d'ailleurs vers 1932 que se situent les débuts de nos importations de carcasses réfrigérées et congelées de moutons d'Afrique du Nord, concurremment avec les viandes de Madagascar et d'Amérique du Sud.

L'expérience de DJELFA, en 1933, par le Docteur BEN-DANOU, permit d'expédier avec succès, de ce centre, situé à 400 km. d'Alger, jusqu'à Paris, des carcasses de moutons en isocadres réfrigérés, en trois jours.

Elle fut complétée par celle d'Ain-Sefra du même auteur.

Mais le contingentement de viande autorisé était faible. Seules étaient utilisées, à part quelques isocadres, des cales de paquebots aménagées après coup, et pouvant rarement contenir plus de mille carcasses.

En 1938 toutefois, entrait en service sur cette ligne d'Afrique du Nord, le cargo « Djebel-Nador », moutonnier qui comprenait deux compartiments réfrigérés et bien aérés, et pouvait transporter 1.400 carcasses, outre les animaux vivants.

Pourtant, malgré ce système de contingentement, la situation de notre flotte frigorifique n'était pas, en 1939, ce qu'elle aurait dû être. Nous avions, sur 26 navires, 62.000 mètres cubes de capacité de cales utilisables pour les viandes, et parmi ceux-ci, seuls, 15 navires servaient à cet usage, avec une capacité de 24.000 tonnes de viande.

Encore cette flotte devait-elle, pour subsister, effectuer des transports vers Anvers, la Hollande, Hambourg, permettant aux Allemands de compléter leurs stocks immenses en viande.

La flotte anglaise comprenait alors, sur ses 803 navires frigorifiques, 415 unités pour le transport des viandes, d'une capacité de 873.000 tonnes de port;

celle des italiens, 62 unités, d'un port en lourd frigorifique de viande de 46.000 tonnes;

et celle des Allemands, 29 navires avec 26.800 tonnes.

En cette même période, notre industrie du froid tout entière subissait parallèlement une impulsion très nette, née pendant la guerre, et qui devait décliner après quelques années. Les Américains avaient réalisé, chez nous, pour leurs besoins, en 1917 et en 1918, des entrepôts frigorifiques portuaires; cet essor se poursuivit un temps :

les entrepôts frigorifiques et maritimes de La Rochelle-Palice, achevés en 1917, furent utilisés jusqu'en 1927, puis pratiquement abandonnés. En 1939, une de leur façade était complètement effondrée.

Ce furent de même les Américains qui construisirent rapidement, en 1918, le premier entrepôt frigorifique de Bordeaux-Bassens, à 1 km. 1/2 des quais du port.

Mais, en 1922, fut entreprise la construction de la gare Frigo-Maritime de Bassens, où convergeaient les viandes d'Amérique du Sud destinées à la consommation régionale et à celle des Troupes Françaises d'Occupation.

Après 1928, le trafic fut considérablement réduit. On y entreposait irrégulièrement maïs, bananes, nitrates, puis des morues fraîches.

Citons aussi les docks frigorifiques du Havre, de Marseille, Saint-Nazaire et Dunkerque.

De même s'érigeaient à l'intérieur du territoire des entrepôts, des gares frigorifiques : celles de Paris-Ivry, de Paris-Bercy, de Paris-Vaugirard, de Lyon-Perrache; et de petits abattoirs industriels, auxquels étaient adjoints des frigorifiques. Les transports s'organisaient, des wagons isothermes et réfrigérés étaient construits.

Ces entrepôts, ces gares et ces transports, à l'intérieur du pays, souffrirent naturellement moins de la réduction du trafic

maritime des viandes, grâce à notre production et au commerce des autres denrées. Si bien qu'en 1939, leur exploitation maximum était en mesure de répondre aux nécessités de la guerre. Nous avions plus de 1.000 wagons isothermes et réfrigérés, mais notre organisation péchait surtout par sa flotte.

V. — LA GUERRE DE 1939 A 1945

Quand survint cette guerre, l'Intendance puisa d'abord sur place la viande à congeler pour l'Armée, mais cela ne se faisait qu'au détriment de notre bétail. De nouveau le concours de la flotte britannique dut être sollicité, et 18 navires anglais, de 3.000 à 4.500 tonnes de port chacun, participaient au ravitaillement en viande des Armées Franco-Anglaises.

Nos importations s'élevèrent jusqu'à 20.000 tonnes par mois, au détriment de notre budget, une fois de plus.

La catastrophe se produisit avant qu'il nous fut possible de bien réaliser l'ampleur de ces pertes.

Au terme de ce conflit, notre Marine Marchande est affreusement éprouvée, la plupart de nos navires ont été détruits. Néanmoins, à la date du 1er janvier 1945, de nos 26 navires, il en restait à flot 14, représentant une capacité de 55.000 m³ environ de cales à viande.

Mais nous comprenons dans ces chiffres des navires renfloués ou en réparation, des navires qui ont été affectés entre temps à un autre usage, d'autres saisis à l'étranger dont nous ignorons le devenir. La situation est donc bien précaire.

Citons parmi les plus grandes unités qui nous restent :

— le « Désirade », le « Groix » qui dépassent 8.000 m³ de cales refroidies, chacun, le « Jamaïque », le « Florida »...

Quant à nos bananiers, nous en possédions 28 en 1939, avec 117.000 m³ de cales, auxquels s'ajoutaient 12.000 m³ de cales à fruits répartis sur nos 26 navires utilisables pour le transport des viandes.

Au début de l'année 1945, 9 restaient à flot avec 42.000 m³, mais ils n'étaient pas non plus tous utilisables, tant s'en faut.

On peut donc admettre que notre flotte frigorifique est à recréer entièrement.

Nos entrepôts frigorifiques portuaires ont subi des dégâts sérieux, témoins ceux de Dunkerque complètement détruits.

En 1939, ils totalisaient 65.000 m^2 de chambres froides, et ils sont aujourd'hui réduits à une surface d'environ 52.000 m^2 de chambres, dont 5,500 sont en réparation.

Par contre, notre organisation intérieure a été moins éprouvée et nous récupérons péniblement nos wagons isothermes et réfrigérés.

C'est donc le moment d'organiser une nouvelle chaîne du froid, nous reliant à nos Colonies.

Elle devra répondre à un trafic supérieur aux précédents, afin d'assurer une meilleure exploitation de nos possessions d'Outre-Mer, et de nous doter une flotte frigorifique capable de subvenir à nos importations même en cas de nouveaux conflits.

L'occasion est aussi venue d'adopter les derniers progrès réalisés techniquement, voire ceux qui portent sur les installations frigorifiques à bord des navires.

PREMIÈRE PARTIE

AMÉNAGEMENTS D'UNE FLOTTE FRIGORIQUE

I. — MACHINES GENERATRICES DE FROID

Parmi les diverses machines frigorifiques industrielles, toutes ne peuvent être utilisées indifféremment sur les navires. Il y a lieu, au contraire, de tenir compte en mer, de plusieurs facteurs dont les données rendent un choix judicieux nécessaire.

L'ingénieur frigoriste adaptera ses plans aux nécessités de sécurité et de limitation de poids et d'encombrement des appareils.

La simplicité, si l'on est en droit d'en parler, et l'automatisme du fonctionnement devront permettre une réduction maximum de la surveillance à exercer pendant la marche.

Souvent les machines ne disposeront pour tout agent de refroidissement que d'une eau tiède de mer tropicale, à laquelle leur régime devra pouvoir s'adapter.

Ces considérations pourtant n'ont pas entraîné de différences fondamentales entre les machines terrestres et marines, et, dans les deux cas, ce sont les machines à compression qui tiennent la plus grande place.

1°) Machines a compression.

A) *Principes.*

Qu'il nous soit permis de rappeler le principe de ces dernières, celui de la chaleur latente de vaporisation, quantité de chaleur absorbée par une substance au moment de son passage de l'état liquide à l'état gazeux.

Une telle machine comprend trois parties, un compresseur, un évaporateur, un condenseur, et utilise comme agent frigorigène un liquide de vaporisation facile, ou un gaz facilement liquéfiable.

Le compresseur est un cylindre à l'intérieur duquel se meut un piston, qui, successivement, grâce à un jeu de soupapes, aspire dans l'évaporateur, où règnent une basse pression de vapeur du fluide frigorigène et une basse température, puis refoule dans le condenseur, à haute pression et à température élevée.

Le froid se produit donc au niveau de l'évaporateur, tandis qu'au condenseur, une circulation périphérique d'eau fraîche refroidit l'agent frigorigène, provoquant ou complétant sa liquéfaction.

Celui-ci, liquéfié et quelque peu refroidi, retourne, du condenseur à l'évaporateur, par l'intermédiaire d'une vanne, au passage de laquelle il se détend, se vaporise partiellement ou totalement, et revient à la température de l'évaporateur.

Réglage.

— Le réglage du régime de la machine est facile, il peut s'effectuer par simple modification du débit de cette vanne. En effet, la réduction de ce débit provoque, d'une part l'augmentation de la quantité d'agent frigorigène en amont, du côté du condenseur, c'est-à-dire, une hausse de tension de vapeur et de température, d'autre part une diminution de pression et de température en aval, du côté de l'évaporateur.

L'augmentation de ce débit provoque l'effet inverse.

— Outre cette méthode commode de réglage, on utilise dans certains cas un autre moyen pour élever la température de l'évaporateur, et qui consiste à diminuer la puissance de la machine, par une augmentation de l' « espace nuisible » du cylindre.

En effet, au moment où le piston arrive à fond de course de compression, il ne s'adapte jamais parfaitement au fond du cylindre; entre eux deux, subsiste un espace nuisible, au niveau des soupapes par exemple, occupé par une petite quantité de vapeur à haute pression, si bien que le début de la course d'aspiration suivante est utilisé à ramener cette vapeur à la basse pression, avant que ne puissent s'ouvrir les soupapes d'aspiration. Le volume de vapeur aspiré utilement de l'évaporateur est donc diminué d'autant à chaque course, d'où une diminution de rendement.

Les machines sont, naturellement, conçues de manière à réduire cet espace nuisible au minimum, mais elles comprennent souvent des dispositifs permettant de l'augmenter à volonté, et de diminuer ainsi leur puissance frigorifique.

B) *Agents frigorigènes.*

a) Avantages de l'anhydride carbonique et de l'ammoniaque.

Les agents frigorigènes utilisés le plus couramment sur les machines marines sont l'anhydride carbonique et l'ammoniaque, dont le choix a été motivé par plusieurs raisons : de tous les agents actuels, ils sont parmi ceux qui nécessitent, pour une production donnée de frigories, à une température d'évaporation donnée, les plus petits volumes de gaz balayés par le piston.

Ces volumes dépendent, en effet, de la chaleur latente de vaporisation d'un gramme de substance, et du volume occupé par ce gramme à la tension de vapeur correspondant à cette température.

Or si l'on compare sous cet angle, les divers agents, il faudrait, pour un volume de CO^2 correspondant à 1,

un volume de NH^3 correspondant à 6,
mais un volume de SO^2 de 15,5,
et de très grands volumes de chlorure d'éthyle ou de chlorure de méthyle.

L'encombrement des compresseurs sera donc moindre, grâce à l'utilisation de CO^2 ou de NH^3, tandis que les autres fluides frigorigènes ne pourront être employés en marine que sur des compresseurs de faible puissance.

Mais une autre cause encore a présidé au choix de ces fluides, c'est leur faible toxicité, indispensable à la sécurité du personnel à bord.

Des fuites de SO^2 seraient, en effet, bien plus dangereuses; quant aux chlorures d'éthyle ou de méthyle, ils risqueraient de provoquer l'assoupissement et l'intoxication des machinistes, d'autant plus qu'ils sont inodores.

b) Comparaison entre CO^2 et NH^3.

Ceci étant, si nous essayons de mettre en parallèle les avantages et les inconvénients respectifs de CO^2 et de NH^3, nous aboutissons aux conclusions suivantes :

Les fuites de NH^3 sont beaucoup plus incommodantes et dangereuses que celles de CO^2, dont il faudrait une plus forte proportion pour provoquer des accidents d'asphyxie; elles auraient aussi des conséquences catastrophiques sur la cargaison qui s'imprégnerait de cette odeur et serait rapidement détériorée.

Par contre NH^3 a une température critique, nettement plus élevée que CO^2; c'est-à-dire, qu'au-dessus d'une certaine température au condenseur, CO^2 ne pourra plus être liquéfié, alors que NH^3 le sera facilement encore.

Et pour une même température du fluide frigorigène au condenseur, la tension de vapeur que devra vaincre le piston au refoulement, sera bien plus élevée dans le cas de CO^2.

Or cette température est fatalement supérieure de 5 à 10 degrés à celle de l'eau de mer utilisée pour le refroidissement du condenseur; cet inconvénient devient particulièrement gênant, lorsque le bateau vogue sur une eau de mer tropicale atteignant 30 à 32 degrés.

Il faut compter, avec une eau de mer tempérée, une pression de refoulement de 11 kg./cm^2 pour NH^3, et de 60 kg./cm^2 pour CO^2;

et en mer tropicale, des pressions respectives de 16 kg./cm^2 et de 90 kg./cm^2.

Le compresseur à CO^2 devra donc être beaucoup plus résistant et plus lourd, et perdra toujours, malgré cela, une quantité appréciable de gaz. Il faudra continuellement le recharger pendant son fonctionnement, ce qui n'est pas utile avec NH^3.

C'est pourquoi l'emploi de NH^3 tend à gagner de plus en plus, surtout depuis que les récents progrès, réalisés dans la technique de la soudure, ont pratiquement supprimé les fuites. Le chiffre actuel de 20 % de machines marines à NH^3 va logiquement grossir.

Les compresseurs à CO^2 persisteront dans la marine de guerre, car ce gaz, en cas d'explosion, ne peut qu'agir par ses effets extincteurs, et ne risque pas de s'enflammer, comme NH^3, lorsqu'il est porté à une haute température.

c) Les fréons.

Mais ces dernières années ont été marquées par l'apparition de nouveaux agents frigorigènes aux Etats-Unis, les fréons, parfaitement inoffensifs sur l'organisme humain, totalement ininflammables, et dont la présence n'altère pas les denrées alimentaires.

Chimiquement, ce sont les dérivés fluoro-chlorés des hydrocarbures saturés de la série aliphatique, dont l'étude systématique a été entreprise, en 1930, par Th. Midgley, et A.-L. Henne.

Celui qui fut d'abord le plus utilisé, est le fréon-12, dichlorodifluoro-méthane, CCl^2F^2, dont la température d'ébullition est — 29°8. Il a le gros inconvénient de dissoudre les huiles de graissage.

Aussi, bien qu'il ait été employé sur les navires américains au cours de cette guerre, son usage n'est-il peut être pas appelé à se généraliser, car il entraîne une trop grande complication

par la nécessité de récupérer l'huile sur les nombreux circuits des navires.

On tend plutôt vers le fréon-22, dont la température d'ébullition est — 50 degrés.

Il existe du reste un grand nombre de fréons, dont il serait souhaitable de voir l'usage, après mise au point, s'étendre aux pays d'Europe. Malgré un prix de revient de 8 % supérieur à celui de NH^3, et un volume plus important de vapeur à balayer pour produire un même nombre de frigories, les avantages que nous avons signalés restent dominants.

Au demeurant ces agents n'exigent du compresseur qu'une faible pression de refoulement : 10 kg./cm^2 pour le fréon-12 en mer tropicale; ils ne corrodent nullement les métaux, et leur détection même en cas de fuite très légère, est facile à l'aide d'une lampe à halogénure.

C) *Organes des machines à compression.*

— Les divers types de machines à compression comprennent tous en dehors de leurs trois parties principales, quelques organes que nous signalerons, avant de passer à celles-ci.

a) Le surchauffeur.

Le surchauffeur permet le fonctionnement en régime sec. Il empêche l'arrivée de gouttelettes dans le compresseur pendant le temps d'aspiration, de sorte qu'au moment de la compression, l'agent frigorigène ne subit aucun début de liquéfaction, le phénomène n'étant pas amorcé par la présence de ces gouttes. Il en résulte une plus forte température et une plus grande pression de refoulement.

Le surchauffeur, ou séparateur-sécheur, est donc placé entre le compresseur et l'évaporateur.

A son niveau, se produit une réduction de la vitesse du brouillard entraînant la chute des gouttelettes, lesquelles sont dirigées à nouveau vers l'évaporateur.

— Le régime « en surchauffe » présente des avantages intéressants : les fines lames métalliques des soupapes ne risquent pas d'être corrodées par le liquide;

le volume engendré par la course d'aspiration du piston est intégralement celui du gaz qui s'évapore dans l'évaporateur, sans qu'il y ait lieu d'en soustraire le volume occupé par les gouttelettes; et la production de frigories en est augmentée d'autant.

Enfin, il ne peut pas y avoir de liquide, à la fin de la course de compression, dans l'espace nuisible, ce qui entraînerait une diminution considérable du rendement du fait de la détente et de l'évaporation de ce liquide.

b) Le réciveur.

Le réciveur, situé en aval du condenseur, est un réservoir de liquide frigorigène, dont le contrôle du niveau facilite la surveillance de la marche d'ensemble. Il est souvent soumis à un sous-refroidissement par circulation d'eau de mer, et, à sa sortie, le liquide rejoint l'évaporateur par la vanne de réglage.

c) Séparateur d'huile.

Avant d'en arriver aux organes principaux, signalons encore un séparateur d'huile placé entre le compresseur et le condenseur.

d) Le compresseur.

Les compresseurs des machines marines sont en général verticaux, les compresseurs horizontaux étant réservés aux installations très puissantes. Ils sont ici, le plus souvent, accouplés directement à un moteur, sans l'intermédiaire de courroies; ils fonctionnent sous grande vitesse de rotation et graissage forcé.

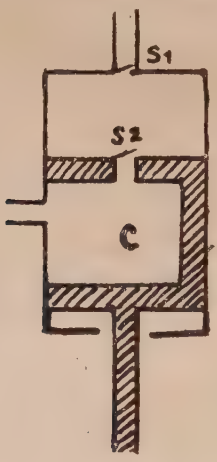
Ils sont, soit à flux continu, soit à effet multiple, soit du système Compound.

— Les compresseurs à simple effet et à flux continu réalisent tant à l'aspiration qu'au refoulement, un courant constant de fluide frigorigène de bas en haut.

Rien de plus évident pour la course de compression; mais l'originalité de cette méthode est la disposition de la soupape d'aspiration à la partie supérieure du piston, laquelle donne accès à une chambre d'aspiration dans le corps même du piston, reliée elle-même à l'évaporateur par une ouverture dans le corps du cylindre.

L'aspiration se produit pendant la descente du piston, et le courant de fluide se fait encore de bas en haut.

Schéma du compresseur à flux continu :



C — Chambred'aspiration.
S1 — Soupape de refoulement.
S2 — Soupape d'aspiration.

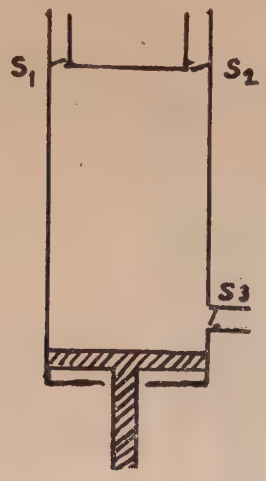
L'avantage essentiel réside en l'éloignement des soupapes d'aspiration et de refoulement. La plus grande partie de la chaleur communiquée au cylindre par la compression, toujours localisée au niveau de la soupape de refoulement, est donc très commodément éliminée par une circulation d'eau. La plupart des compresseurs à NH^3, et à fréons sont de ce type ainsi que certains compresseurs à CO^2.

— Au contraire les compresseurs à double effet, parfois utilisés avec NH^3, sont particulièrement indiqués pour le fonctionnement avec CO^2, dont la pression de refoulement est élevée surtout en mer tropicale.

Ils aspirent en deux temps, reliés pendant la majeure partie de la course d'aspiration à un évaporateur à basse pression et basse température, puis mis brusquement en liaison, vers la fin de cette course, avec un deuxième évaporateur de pression et température supérieures.

Ils refoulent l'ensemble de ces vapeurs au condenseur.

Schéma du compresseur à double effet



S1 — Soupape de refoulement.
S2 — Soupape d'aspiration à basse pression.
S3 — Soupape d'aspiration à pression intermédiaire.

Ceci permet d'obtenir deux circuits de froid à différentes températures, avec un rendement plus intéressant que si l'on avait fait appel à deux compresseurs.

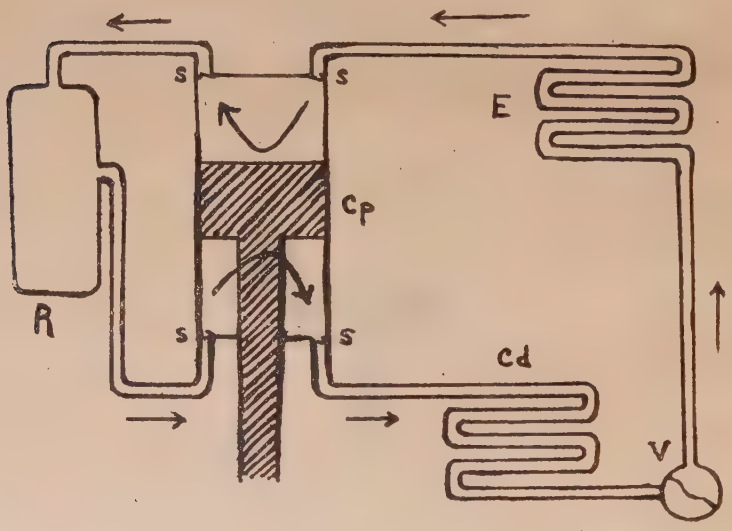
Un circuit pourrait servir au refroidissement des cales à viandes congelées, l'autre à celui des compartiments à viandes réfrigérées ou à fruits.

Tout se passe comme si le volume du cylindre avait augmenté : en effet, sans ce dispositif, la dernière partie de la course d'aspiration n'aurait servi qu'à aspirer une faible masse de vapeur du premier évaporateur; elle en aspire au contraire

ici, sous un même volume, une bien plus grande quantité, à la pression plus élevée du deuxième évaporateur. Le nombre total de frigories produites augmente, puisqu'il est proportionnel à la quantité de liquide évaporé.

Mais ceci nous amène à un pas de plus dans le perfectionnement des machines à CO^2.

Schéma du système de compression Compound



Cp — Compresseur. R — Réciveur.
Cd — Condenseur. S — Soupapes.
E — Evaporateur. V — Vanne.

— Le compresseur Coumpound, à double effet, et deux étages de compression, permet de vaincre en deux temps la grande différence de pression entre l'évaporateur et le condenseur.

L'espace cylindrique supérieur aspire à basse pression dans l'évaporateur, et refoule à moyenne pression dans le réciveur, généralement refroidi par circulation d'eau.

L'espace cylindrique inférieur, annulaire, aspire dans le réciveur à moyenne pression et refoule dans le condenseur à haute

pression. Il est lui-même refroidi par une chemise à circulation d'eau.

e) Condenseur.

Quant aux condenseurs, ils n'ont rien de très particulier, si ce n'est que les parties en contact avec l'eau de mer sont en tôle galvanisée, ainsi que tous les autres éléments de la machine, d'ailleurs, refroidis par cette eau.

Ils sont, par exemple, du type à immersion, l'agent frigorigène se trouvant dans un serpentin plongé dans un récipient où l'eau circule à contre-courant.

D'autres modèles comprennent un serpentin à circulation d'eau de mer, à l'extérieur duquel viennent se condenser les vapeurs.

Ceux des machines à faible puissance peuvent être à doubles tuyaux sans nécessiter un trop gros encombrement : l'eau de mer, dans ce cas, circule dans le tuyau central en sens inverse de la vapeur qui se condense dans l'espace annulaire.

f) L'évaporateur.

Les évaporateurs du système à détente directe sont constitués par des serpentins à l'intérieur desquels se produit l'évaporation, et qui sont directement en contact avec l'atmosphère à refroidir.

Les autres évaporateurs n'opèrent, au contraire, qu'une transmission de froid à une saumure, qui, à son tour, devra céder ses frigories à l'air des chambres froides. La saumure est lancée à contre courant autour des serpentins à évaporation, dont elle suit les replis en se réfléchissant sur une série de coquilles.

Ces évaporateurs sont aussi parfois à doubles tuyaux; ils peuvent souvent être constitués en plusieurs parties démontables isolément, à autonomie de fonctionnement.

g) Disposition d'ensemble.

L'agencement des différents éléments de la machine n'est pas aussi simple, en général, car la plupart des organes sont en double, par mesure de sécurité. Les condenseurs ou les évaporateurs sont souvent montés en parallèle pour pouvoir aussi bien être utilisés seuls qu'ensemble, et avec les deux ou l'un quelconque des compresseurs.

— Nous ne faisons que citer les machines rotatives car leur emploi ne se justifie que pour des installations marines de faible puissance; et nous passons aux machines qui ne sont pas du type à compression.

2°) Autres machines.

— L'usage des machines à absorption ne s'est pas étendu aux navires jusqu'à présent. Elles sont pourtant intéressantes, lorsqu'il s'agit d'obtenir de très basses températures. Comparons, en effet, les rendements d'une machine à compression, évaporant à — 10°, puis à — 25°.

Le volume aspiré par une course du piston est le même, mais dans le deuxième cas, la quantité de vapeur qu'il représente est moindre, car la pression est plus faible; le rendement baisse.

Au contraire, s'il s'était agi d'une machine à absorption la production de frigories aurait été pratiquement inchangée, car la masse d'ammoniaque absorbé ne varie guère avec la température.

Cette méthode serait — elle ainsi destinée à trouver une application sur les navires au cas où les transports se feraient à l'avenir a plus basse température ? La question reste posée. Il est toutefois possible que les oscillations des navires constitueraient un obstacle à son emploi, étant donné les différents niveaux de liquide à respecter.

— Un seul autre type de machine se rencontre encore, mais surtout dans la marine de guerre, pour la réfrigération des vivres de bord et des soutes à munitions : c'est la machine à vapeur à éjection. Nous ne nous y étendrons donc pas.

Par contre, après ces considérations sur la production du froid à bord, nous devons en envisager l'utilisation, qui, elle non plus, ne peut être faite au hasard.

II. — UTILISATION DU FROID

Il reste à transporter le froid jusqu'au niveau de l'atmosphère des chambres froides et à le lui transmettre au moyen d'un échangeur de chaleur.

L'usage rationnel du froid implique, en outre, que tout soit mis en œuvre pour le conserver et éviter ses déperditions au moyen d'une bonne isolation thermique.

Ces problèmes, eux aussi, ne sont pas toujours identiques à ceux que posent les installations terrestres.

L'espace relativement réduit d'un navire comprend un grand nombre de circuits de froid, pour la conservation simultanée de diverses denrées dans des conditions différentes, et parfois pour bien d'autres usages supplémentaires. Les tuyauteries traversent, par endroits, les espaces surchauffés de la salle des machines ou certaines cloisons étanches.

Quant à l'isolation, elle se heurte aux obstacles créés, par les ouvertures des parois et du plafond, écoutilles, panneaux de chargement, et surtout par les éléments de l'ossature du navire. qui, traversant les chambres, sont des causes d'entrée de chaleur s'ils ne sont pas isolés.

1°) Méthodes d'échange de chaleur.

Une application bien comprise de l'échange de chaleur permet non seulement une utilisation optimum de la puissance frigorifique, mais encore un réglage automatique du degré hygrométrique des chambres froides. Les méthodes existantes se divisent en deux catégories : celles qui sont directes, sans circulation forcée d'air, celles qui sont indirectes, avec circulation forcée d'air. Les unes et les autres sont obtenues soit par détente directe, soit par circulation de saumure, solution de chlorure de calcium le plus souvent.

A) *Refroidissement sans circulation forcée d'air.*

a) Disposition des serpentins.

— Le refroidissement sans circulation forcée d'air s'opère au moyen d'un réseau de serpentins qui tapissent les parois et le plafond des chambres, et au contact desquels l'air se refroidit. Il s'agit là d'une transmission par simple convexion. Les différentes zones d'air, qui n'ont pas exactement la même température, sont à des densités variables, entrent en mouvement au sein même de la chambre, et sont amenées successivement au contact des serpentins. Ce brassage, lent, irrégulier, aboutit à un équilibre de température, admettant quelques écarts entre les différents points du local.

— Il est toutefois possible de diminuer ces écarts en localisant les serpentins au plafond. Ainsi s'établit une circulation d'air verticale naturelle, permettant un mélange plus régulier, car l'air froid va en contre sens de l'air chaud. Cette méthode permet à la rigueur de transporter successivement dans la même cale, viandes et fruits, ces derniers exigeant une plus grande uniformité de température.

Mais les viandes peuvent supporter une petite irrégularité de température, si bien que de telles considérations s'effacent devant les suivantes.

b) Relation entre la surface d'échange de chaleur et le degré hygrométrique.

Il faudra surtout, en fait, éviter la dessiccation, non seulement en supprimant les rapides mouvements d'air, mais de plus, en maintenant un état hygrométrique suffisant. Comme une cargaison s'évapore toujours plus ou moins, on peut se demander à quel degré d'humidité l'on finit par aboutir.

Or la valeur de la tension de vapeur d'un local, contenant différents objets à des températures variées, tend vers celle de la vapeur saturante à la plus basse des températures. Point très compréhensible, puisqu'une augmentation par rapport à cette valeur, possible en un endroit plus chaud de la masse gazeuse,

est forcément suivie d'une condensation, lorsque les mouvements de convexion amènent cette portion au contact de l'objet le plus froid.

La tension de vapeur d'un local à température donnée, est donc d'autant plus faible que les serpentins sont plus froids.

De cette façon, tout en respectant la température désirée pour le transport d'une denrée, on pourra obtenir l'état hygrométrique voulu en choisissant la température des serpentins, d'où l'on déduira les surfaces d'échange nécessaires.

Pour en revenir au transport de viandes réfrigérées, qui exigent une humidité suffisante, il est indispensable de disposer d'une grande longueur de serpentins, afin d'arriver à la température optimum, à l'aide d'une saumure la moins froide possible, différant peu de cette température atmosphérique. De cette façon, tout en maintenant un degré hygrométrique assez élevé, on limite l'évaporation des denrées et le givrage des serpentins. On ménage en même temps la puissance des machines frigorifiques, dont le rendement diminue lorsque baisse leur température d'évaporation.

Le plafond et les parois des cales sont donc absolument couverts de serpentins. Souvent même la courbure de ceux-ci est étudiée spécialement au niveau de leurs replis, en vue de permettre leur rapprochement maximum, malgré l'augmentation consécutive du prix de l'installation.

On en dispose parfois deux plans.

L'utilisation de toute la surface des parois, y compris certaines parties mobiles, est en général prévue. C'est le cas des navires de la série du « Malgache », dont les installations frigorifiques sont à l'étude aux « Ateliers et Chantiers de La Loire », et qui comprennent une cale de 1.200 m^3 pour les viandes congelées, à laquelle on accède par un large panneau qui favorise la rapidité des manœuvres de chargement et de déchargement : sur les six parties constituantes de ce dernier, sont fixés des serpentins démontables, reliés aux serpentins fixes par des robinets à trois voies. On peut ainsi limiter aux serpentins fixes la circulation de saumure pendant le chargement, puis la rétablir en totalité après fermeture du panneau.

c) Avantages de la détente directe.

La plupart de ces circuits sont à circulation de saumure, mais l'avenir verra peut-être une revanche de la détente directe, plus intéressante depuis la suppression pratique des fuites, car elle permet une température d'évaporation moins basse du fluide frigorigène.

Grâce à elle, il n'est plus besoin de prévoir deux hausses de température, une première entre la température d'évaporation et celle d'une saumure, une deuxième entre la température de cette saumure et celle des cales; ici, une transmission directe entre le serpentin d'évaporation et l'air, s'accompagne d'une différence de température, peut-être augmentée du fait de la moins bonne conductibilité thermique des vapeurs ou du brouillard frigorigène par rapport à celle d'une saumure, mais différence avantageuse car elle est unique. Par contre le système à détente directe englobe la majorité des installations à circulation forcée d'air.

B) *Refroidissement avec circulation forcée d'air.*

a) Principe.

Le refroidissement avec circulation forcée d'air est réservé aux denrées qui exigent plus particulièrement une uniformité parfaite de température, essentiellement les fruits et les primeurs. Ces denrées élaborent, de plus, des produits volatils qu'il faut éliminer rapidement.

L'échange de chaleur est ici localisé au niveau d'un appareil, le frigorifère. Un ventilateur aspire l'air des cales froides par des canaux, et le refoule, après passage sur le frigorifère, au moyen d'autres canalisations. Un courant d'air important traverse de cette manière tout le local.

Le degré hygrométrique se règle comme précédemment sur la température du frigorifère, et, connaissant les températures exigées pour celui-ci, et pour l'atmosphère de la cale, ainsi que le débit des ventilateurs, il est possible de calculer la surface nécessaire à l'échange de chaleur.

b) Frigorifère.

Les frigorifères humides, qui réalisent un contact direct entre l'air et la saumure, ne sont guère plus utilisés dans la marine à cause des salissures provoquées. Ils font place aux frigorifères secs, batteries de serpentins à circulation de saumure ou à détente directe, au contact desquelles l'air se dessèche et se débarrasse des poussières qu'il laisse collées sur le givre de condensation. Le courant gazeux favorise l'échange de chaleur, que l'on augmente parfois, en plus, par l'usage de frigorifères à tuyaux à ailettes.

c) Circulation d'air dans le sens latéral.

Parmi les divers sens de circulation d'air à l'intérieur des cales, le plus fréquemment utilisé est le sens latéral, tel qu'il est conçu sur la plupart de nos bananiers :

sur deux côtés opposés de la cale froide, sont aménagées des doubles parois, qui déterminent des gaînes laissant tout juste passage à l'officier de surveillance.

Un ventilateur centrifuge ou hélicoïdal aspire l'air par l'une de ces gaînes vers le frigorifère, et le refoule de celui-ci par l'autre gaîne. Les doubles parois, percées de trappes, permettent une intense circulation d'air dans le sens latéral, sans laisser aucun espace mort.

Mais rapidement la température de la gaîne d'aspiration se trouve augmentée de quelques dixièmes de degré par rapport à celle de la gaîne de refoulement, et ceci oblige à renverser le sens de la ventilation toutes les deux heures en principe.

d) Circulation d'air dans le sens vertical.

La ventilation verticale ascendante peut être aussi réalisée à bord, mais la plus logique est la circulation descendante bien qu'elle soit assez rare actuellement. Grâce à elle, il n'est plus utile d'alterner le sens de ventilation, car elle se produit à l'inverse des mouvements de convexion normaux, tendant à la montée de l'air chaud.

La réalisation suivante a été proposée : les gaînes latérales seraient maintenues, servant toutes deux, cette fois, à l'aspiration, au moyen d'une fente grillagée située le long de la base des doubles parois.

Après refroidissement sur le frigorifère, l'air serait refoulé dans la chambre par une gaîne supérieure, médiane, unique, en forme de canal, percée de multiples trous. Dimensions des trous et diamètre décroissant du canal seraient calculés de façon à permettre un refoulement uniforme surtout la longueur.

e) Particularités.

— Signalons que le frigorifère, dans certains cas, peut se trouver dans la chambre froide elle-même.

— Celle-ci comprend souvent, en partie déclive, des bouches d'aspiration pour l'élimination de l'air vicié, chargé de gaz carbonique et d'éthers, élaborés par les produits végétaux. Des prises d'air frais extérieur en permettent alors le remplacement.

— Hormis cela, il est intéressant de faire régner une légère surpression dans les compartiments froids, afin d'éviter toute entrée d'air chaud extérieur, par les fissures des parois, du plancher ou du plafond.

C) *Le refroidissement mixte.*

Le refroidissement mixte, une association des deux méthodes, n'est pas exceptionnel : en plus du frigorifère, du ventilateur et des canaux à circulation d'air, il subsiste des serpentins, tapissant toute la chambre, ou simplement localisés au plafond.

De tels compartiments peuvent servir alternativement aux ranstports de viandes et de fruits. Les deux systèmes de refroidissement sont, à volonté mis en action simultanément ou chacun séparément.

D) *Dégivrages.*

Quelle que soit la technique adoptée, on se heurte à l'écueil de la production de givre sur les surfaces d'échange de chaleur

avec l'air; il en résulte une baisse importante du coefficient d'échange de chaleur.

Il faut donc procéder périodiquement au dégivrage. Lorsqu'il s'agit du système à détente directe, il suffit de mettre en circulation dans les serpentins, le fluide provenant du condenseur; et, lorsque l'agent de refroidissement est une saumure, on la fait dériver vers un bac de réchauffage, qui remplace l'évaporateur, et dans lequel baigne une résistance électrique ou une tuyauterie à vapeur.

2°) Isolation.

— S'efforcer d'utiliser le froid le mieux possible implique que l'on songe à limiter ses deperditions. Avant de poser l'isolant des cales et entrepôts froids, toutes les surfaces métalliques sont badigeonnées au goudron. Cet isolant présente des qualités multiples : imperméabilité aux odeurs, imputrescibilité, résistance suffisante.

Le plus souvent l'isolation est réalisée au moyen d'un vaigrage, séparé du bordé par un bourrage de liège granulé, de 22 à 25 cm. Ce vaigrage, constitué lui-même par deux couches de 2,2 cm. chacune, en bois de pitchpin, avec interposition de papier imperméable, est cloué sur des lambourdes boulonnées sur les membrures de la coque.

Le liège granulé, est, dans d'autres cas, compris entre deux plans de bois, et le tout séparé de la coque par une lame d'air.

On préfère fréquemment, pour éviter le tassement, employer une même épaisseur de liège aggloméré en plaques. Ce liège, expansé, c'est-à-dire imputrescible et non hygroscopique grâce à un traitement subi à une température de 300 à 400 degrés, a été ensuite aggloméré au brai.

On en place deux couches, dont les jointoiements, réalisés par un mélange de brai et de poudre de liège, se chevauchent; le vaigrage protège et maintient ce revêtement.

— Mais, pour être efficace, l'isolation ne doit admettre aucune imperfection. Pas un détail n'est omis. Les épontilles sont minutieusement garnies de liège granulé, maintenu par un coffrage de bois; les différentes parties des panneaux de chargement, les colonnes de la charpente, les échelles de descente, tout est recouvert d'isolant.

F.-A. Willcox et J.-D. Farmer ont démontré la nécessité d'isoler complètement les ponts qui séparent deux chambres froides superposées. Les études empiriques de ces auteurs envisagent le cas où ces ponts sont seulement isolés en leur partie inférieure, laissant à nu l'acier qui constitue le plancher de l'entrepont supérieur. La chaleur afflue de ce plancher en partant de son pourtour, et la conductibilité par rayonnement, qui s'ensuit, est de l'ordre de 2,08 à 2,52 calories par heure, par degré de différence de température, et par mètre carré de périphérie. En isolant au contraire la face supérieure du pont, les entrées de chaleur par cette surface diminuent de 60 %.

— L'isolant, enfin, doit être protégé en ses portions les plus exposées aux chocs, au moyen de tôle galvanisée, sur les panneaux, ou de lattes, contre la partie inférieure des parois. On ne peut que recommander également l'emploi d'un enduit de 2 cm. de mortier de ciment, armé d'une toile métallique.

— Le revêtement bien agencé et lisse ne doit pas laisser filtrer l'air extérieur, surtout lorsque les denrées sont conservées en atmosphère conditionnée, de gaz carbonique par exemple. On fait même appel parfois alors, à une fine lame d'acier à joints soudés, placée intérieurement.

— L'ordre de grandeur qui peut être fixé pour la valeur de l'isolation sur les navires est de 0,29 à 0,39 cal./M²/heure/degré. On la perfectionne plus ou moins, selon l'exposition des compartiments au soleil et leur proximité de la salle des machines.

— Naturellement les tuyaux à saumure ou à détente directe sont, eux aussi, isolés sur tout leur parcours hors des cales froides; c'est une difficulté supplémentaire. Lorsqu'ils traversent des cloisons surchauffées, leur isolant doit être incombustible, en laine de silice ordinairement.

Tout ceci donne une idée de la complexité créée par l'agencement d'ensemble sur un tel navire.

3°) Agencement général des installations.

A) *Multiplicité et dispersion.*

— En effet, à part nos bananiers, véritablement spécialisés pour les transports sous régime du froid, encore ont-ils habituellement quelques cabines réservées aux passagers, la majeure partie de nos cargos frigorifiques chargent en outre d'autres cargaisons, et se voient réserver un emplacement plus ou moins vaste pour les locaux froids. Ceux-ci répondent eux-mêmes souvent aux exigences variées de denrées diverses.

Les bateaux à viande comprennent parfois simultanément certains compartiments pour les viandes congelées, d'autres pour les viandes réfrigérees, quand il ne faut pas compter, au surplus, des cales à fruits, à poissons, à œufs, ou à produits dérivés du lait.

De plus, la tendance évolue vers l'équipement de refroidissement propre à chaque chambre.

— Le réseau frigorifique se complique encore sérieusement sur les paquebots. Le « Normandie », avec ses 13 chambres froides et ses 4 glacières pour vivres, produisait 400 kg. de glace par jour, refroidissait des tables de cuisine, des offices, des soutes à bagages, et possédait une deuxième machine pour le conditionnement de l'atmosphère d'une immense salle à manger. D'autres paquebots, répondant à ces nombreuses exigences, transportent en outre, des denrées commerciales dans leurs cales, sous régime du froid. La dispersion est à son comble.

B) *Nombre élevé de circuits.*

Ainsi, malgré le meilleur groupement réalisable, en ordonnant la disposition des compartiments et des ponts, en super-

posant les chambres froides en hauteur, par tranches à température identique, il n'en demeure pas moins vrai que la construction reste extrêmement compliquée.

Les circuits, de fait une seule chambre en exige plusieurs, sont de l'ordre de plusieurs centaines, représentant des dizaines de kilomètres de tuyauteries, pour une installation de quelques milliers de mètres cubes.

C) *Obtention simultanée des températures multiples.*

Pour obtenir ces températures variées, la multiplication des machines serait bien une solution ; mais, trop coûteuse, elle n'est de règle que sur certains paquebots.

Une machine à effet multiple ne suffirait pas non plus à résoudre ce problème.

C'est pourquoi, en dehors de l'action possible sur la vanne de réglage de la machine, des dispositifs permettent de modifier à volonté les débits des divers circuits, ou même d'en interrompre l'un ou l'autre.

La saumure de retour d'un circuit très froid est parfois lancée dans un autre circuit à température moins basse. L'addition de saumure très froide est enfin possible, si, pour une raison quelconque la température venait à monter.

Ainsi, les saumures aux températures désirées sont réparties par des boites de distribution, propulsées à l'aide de pompes dans les serpentins et retournent vers un collecteur, caisse divisée en autant de parties qu'il y a de circuits.

Ce dernier est ouvert ou fermé. Le premier type rend plus facile la surveillance du fonctionnement, mais il est plus encombrant que le deuxième, et la saumure qui retombe, risque d'entraîner des bulles d'air, de provoquer ainsi l'obstruction des tuyaux tout en diminuant la conductibilité thermique.

D) *Réglage et surveillance.*

Tous les départs et les retours ont lieu dans une même chambre, d'où se fait le réglage. Des thermomètres et des robinets

sont prévus pour chaque circuit, ainsi que souvent des mesureurs de débit.

Le contrôle thermométrique au niveau des chambres froides est assuré par des thermomètres, certains accessibles de l'intérieur, d'autres de l'extérieur au moyen de trous de sonde. Il est parfois facilité par l'existence de thermomètres à distance, où l'allumage automatique de lampes.

La surveillance de la ventilation des installations à circulation forcée d'air est souvent aussi simplifiée par une signalisation électrique.

III. — CONTROLE DE CES INSTALLATIONS

Des ensembles aussi ramifiés exigent une construction minutieuse et des revisions fréquentes, afin d'offrir une sécurité suffisante, non seulement pour la bonne conservation des denrées, mais aussi pour le personnel du bord.

Des organismes officiels ont pour mission de surveiller la construction des installations frigorifiques marines et de les inspecter. C'est le Bureau Véritas en France, et le Lloyd's Register of Shipping en Grande-Bretagne. Il est pratiquement indispensable que tous les navires frigorifiques soient agréés par l'une de ces sociétés et inscrits sur son registre, faute de quoi les différentes compagnies d'assurances refuseraient leur concours, et les exportateurs n'accepteraient pas de charger les marchandises.

Chacune stipule par des règlements analogues les principes de construction à faire respecter. Ses agents inspectent les bateaux frigorifiques et les soumettent à certaines épreuves en vue de leur inscription sur le registre avec la mention R. M. C. A la demande des armateurs, la construction, elle-même, est placée sous la surveillance de ces sociétés, ce qui donne droit à la mention + R. M. C.

Nous extrayons quelques-uns de ces règlements primordiaux :

1°) — Efficacité de l'installation.

Les navires doivent être munis au moins de deux groupes frigorifiques, capables d'assurer chacun à lui seul la production nécessaire de frigories, sous les tropiques, par un fonctionnement de 16 heures par jour; étant considérée comme groupe frigorifique toute installation possédant un seul évaporateur et un seul condenseur, même lorsqu'elle comprend plusieurs compresseurs.

Les organes de ces groupes doivent être interchangeables et leur puissance motrice prise à deux sources différentes, capables aussi chacune de suffire à elle seule.

Il faut prévoir des pompes de secours pour les circulations de saumure et d'eau des condenseurs.

Certaines pièces sont soumises à des épreuves de pression gazeuse ou hydraulique, et une liste de pièces de rechange est précisée.

L'isolation doit être « saine, en bon état, bien construite et à l'épreuve du feu ».

Les inspecteurs procèdent à des essais de refroidissement, à la suite desquels les températures sont reprises encore dans les cales, 12 heures après l'arrêt des machines.

2°) — Sécurité.

Des mesures sont également ordonnées au sujet de la sécurité du personnel et des passagers; la chambre des machines frigoriques est aérée, et séparée, en principe, des compartiments voisins par des ponts et des cloisons étanches.

Les tuyaux et réservoirs à saumure ne sont pas galvanisés intérieurement et, s'ils le sont, on prévoit des dispositifs permettant leur aération.

A ce sujet, le Comité Technique du Sénat Américain, chargé de l'étude de la sécurité sur mer a établi une série de recommandations impératives assez sévères :

En 1937, toutes les installations à détente directe d'ammoniaque étaient interdites. Quant aux autres installations à compression d'ammoniaque, si elles étaient construites pour des cargos, la salle des machines frigorifiques devait se trouver sur le pont supérieur, ou bien être séparée de la salle des machines par un espace d'aération.

Une autorisation spéciale était nécessaire pour l'installation de ces compresseurs sur les paquebots, de même que pour l'emploi des fluides frigorigènes spéciaux.

Des dispositifs étaient prévus, pour la neutralisation, en cas d'urgence, des agents frigorigènes dangereux ou inflammables.

3°) — Visites périodiques.

Lloyd et Buveau Véritas organisent en plus des visites périodiques obligatoires tous les six mois, dont la date est inscrite sur le certificat du navire et sur le registre. Dans l'intervalle, tous les trois mois, une visite un peu moins complète est effectuée, ainsi que des inspections au port de chargement avant chaque voyage, avec toutefois quelques restrictions possibles pour les voyages de courte durée ou les capacités de cales frigorifiques inférieures à 1.000 m^3.

De telles mesures offrent des garanties suffisantes, et il n'est pas besoin d'y rien ajouter.

Mais n'existerait-il aucun moyen permettant d'éviter de pareilles usines sur les bateaux ? Car, après tout, la plupart des voyages ne durent que quelques jours ou quelques semaines. C'est dans cette intention que certains auteurs ont imaginé et expérimenté des dispositifs utilisant la glace carbonique.

IV. — REFROIDISSEMENT DES NAVIRES AU MOYEN DE GLACE CARBONIQUE

La glace carbonique, appelée encore neige carbonique, carbogèl, glace sèche, dryice ou dricold, constitue un accumulateur de froid capable de cèder peu à peu ses frigories au milieu ambiant, en absorbant la chaleur nécessaire à sa sublimation.

Son emploi est, en tous points, plus intéressant que celui de la glace d'eau. Sa sublimation, en effet, s'effectue à une température de —79°, avec une absorption de 137 Calories par kilo, tandis que la fusion de la glace d'eau n'en absorbe que 80 par kilo. Elle permet donc d'atteindre de plus basses températures, et, à poids égal, elle absorbe près du double de calories.

De plus, non seulement la glace carbonique n'a pas l'inconvénient d'entretenir l'humidité, mais encore elle dégage du gaz carbonique, dont la présence entrave le développement des microbes aérobies.

Son application aux transports des denrées alimentaires serait toutefois moins économique et moins réglable, en utilisant l'évaporation directe au contact de l'atmosphère de conservation, que par la méthode de l'évaporation indirecte. Une cloison sépare, en ce cas, la glace carbonique des denrées entreposées.

Quelques dispositifs de cet ordre ont été inventés en vue des transports maritimes.

— Entre autres, l'Américain R.-V. Grayson se fit attribuer un brevet, en 1934, pour son invention qui suggérait la circulation de l'air à refroidir autour d'un récipient clos à dricold.

Deux parois métalliques surajoutées à ce dernier déterminaient autour de lui deux espaces. Le plus externe, dans lequel était maintenu un vide poussé, servait d'isolant, et le deuxième était parcouru par l'air à refroidir, grâce à un système d'admission automatique, constitué par un thermostat réglant un jeu de clapets selon la température de la cale.

De cette façon, le réchauffement de la glace sèche ne se faisait qu'à bon escient, et sa sublimation était limitée. La pression du récipient elle-même, n'était pas perdue : une soupape permettait l'échappement du gaz carbonique, qui actionnait une turbo-soufflante pour la ventilation de la cale.

La même année, était entreprises à bord du vapeur Américain « Missourian », des expériences qui furent poursuivies à plein succès jusqu'en 1940, au moins à notre connaissance.

La cale froide de 1.420 M^3 renfermait deux caissons, contenant chacun 360 kg. de glace sèche, au contact desquels l'air se refroidissait par convexion naturelle.

Le gaz carbonique récupéré servait à parfaire l'isolation de la cale, obtenue au moyen d'une double paroi bourrée de Kapok, à l'intérieur de laquelle il était dirigé. La température, le degré hygrométrique et les teneurs en gaz étaient réglés par des appareils automatiques commandés de l'extérieur.

Des œufs, du chocolat, des confitures et des fruits se conservèrent à merveille au cours de trajets de 19 à 28 jours, le long des côtes Orientales d'Amérique, et sans rechargement de dri-cold.

Cette méthode pourrait tout aussi bien être appliquée au transport des viandes; en dehors de la simplification et de la grande réduction d'encombrement, la surveillance du fonctionnement est beaucoup plus aisée, et la glace carbonique constitue un facteur de sécurité en cas d'incendie.

Le seul obstacle qui, jusqu'à présent, ait empêché le développement de ces procédés sur une grande ligne, est le prix de revient élevé de la glace carbonique.

Elle n'existe à l'état naturel qu'en deux points connus du monde, dans le Colorado et à Krynica, en Pologne, d'où elle est extraite par petites quantités par forage.

Aussi, faut-il avoir recours à l'industrie pour se la procurer. Le gaz carbonique, sous-produit de diverses industries, dont celle de la fabrication de l'ammoniaque, doit encore être solidifié au moyen de procédés variés, refroidissement ou liquéfaction suivie d'une évaporation partielle brusque.

L'emploi qu'en font les différents pays dépend donc fatalement de leurs possibilités industrielles, et malheureusement chez nous son prix (6 frs. le kg. en 1945) en rend difficile un tel écoulement, et limite encore son usage, en ce qui concerne les transports, à la réfrigération de wagons et de containers.

V. — LES CONTAINERS

1°) Avantages.

Les cadres isothermes ou containers, permettent la suppression complète de toute installation frigorifique sur les bateaux, et méritent à ce titre une description séparée.

Grâce à eux, de plus, les manipulations des denrées depuis le lieu de chargement dans la région de production, jusqu'au centre de consommation, sont complètement supprimées.

Ces cadres sont simplement isothermes, ou mieux à la fois isothermes et réfrigérés, ce qui est pratiquement indispensable pour les transports de viande réfrigérée durant plusieurs jours.

2°) Variété des modèles.

Il existe une grande variété de containers, qui diffèrent par leurs dimensions, leur isolation, les agents réfrigérants et les ouvertures.

Les constructeurs ont cherché à résoudre le problème consistant à obtenir, pour un container d'un volume donné, une contenance, une solidité, une isolation et un refroidissement les meilleurs, pour un poids et un prix de revient les moins élevés, tout en ménageant les ouvertures permettant le chargement facile des denrées et de l'agent frigorigène. En plus de cela, une ventilation est prévue sur certains modèles.

Leur maniabilité doit aussi rester assez aisée.

Il serait long et fastidieux d'en passer tous les types en revue, et nous n'en citerons que les principales particularités :

— Les revêtements, tout d'abord, sont métalliques ou en bois contre-plaqué, et l'isolation est réalisée par du liège aggloméré, du varech, ou mieux encore, au moyen d'alfol, constitué par une série de lames d'aluminium froissées déterminant des

interstices remplis d'air. La fermeture des portes est soigneusement étudiée.

— Le refroidissement direct ou indirect est obtenu par des bacs contenant de la glace d'eau, des mélanges eutectiques ou du drycold, et dont la position varie : deux bacs latéraux produisent un échange de chaleur plus rapide, mais une température moins uniforme, qu'un seul récipient situé au plafond. Le refroidissement indirect, plus régulier, est parfois facilité par l'emploi de bacs à ailettes.

Mais, ici encore c'est le refroidissement indirect au drycold qui constitue la meilleure méthode. Les Anglais en ont construit un type refroidi par une boite à glace sèche en position supérieure. Celle-ci est isolée sur toutes ses parois, sauf sur sa face inférieure en aluminium, que vient lècher l'atmosphère du container. Un plateau, disposé sous cette boite recueille l'eau qui s'est condensée au contact de la surface froide, et la draîne hors de l'isocadre, tandis qu'une soupape offre au gaz carbonique une voie de sortie vers l'extérieur. Un système de ventilation existe également sur ce modèle.

D'autres types analogues, sont conçus, au contraire, de façon à ce que le gaz carbonique soit dirigé à l'intérieur du container, en vue d'une meilleure conservation des viandes réfrigérées. Il est parfois possible d'envoyer à volonté le gaz carbonique, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur, soit dans une double paroi d'isolation, car il est plus mauvais conducteur de chaleur que l'air.

3°) Vers une standardisation des modèles.

Il serait nécessaire d'arriver à une standardisation, qui faciliterait les manutentions tout au long du parcours emprunté; des efforts ont déjà été accomplis dans ce sens, mais il reste beaucoup à faire.

En France, la Société S. T. E. F. possède quatre types de containers : deux types dont les modèles peuvent être groupés par trois sur un wagon-plate-forme, un type dont seulement

deux unités tiennent sur un wagon, et un dernier isocadre qui suffit à occuper tout un wagon. Les capacités correspondantes varient entre 500 à 1.500 Kg. de viande; les bacs ont une contenance de 300 à 700 Kg. de glace d'eau, et les crochets à viande sont au nombre de 40 à 180.

4°) Obstacles a l'emploi du container.

Toutefois, s'il est indiscutable que les containers réalisent une méthode de transport des plus conformes aux règles de l'hygiène, en réduisant les manipulations à leur minimum, il n'en reste pas moins vrai que leur emploi sur les navires se heurtent à l'opposition des armateurs. Ce sont, assurément, des objets encombrants, et le plus grand reproche, dont on les accable, est la souillure provoquée par l'écoulement des eaux de fusion de leur glace, et les risques consécutifs de dégâts pour les marchandises voisines.

Notre pauvreté en glace sèche nous incite, en effet, à employer surtout la glace d'eau.

Et c'est pourquoi, outre la standardisation des modèles et l'utilisation du drycold, il serait souhaitable d'assister à une augmentation et à une régularisation de ce trafic par containers, qui rendrait possible la spécialisation de certains bateaux, ou du moins de quelques compartiments à écoulement d'eau bien compris.

En fait, la Société S. T. E. F. qui possède presque tous les isocadres en France, n'en compte aujourd'hui qu'une cinquantaine.

L'Angleterre, en 1938, en avait 3.329,
La Belgique 1.950,
L'Allemagne 100,
et l'Italie 97.

Mais, quel que soit le type des installations frigorifiques à bord, fût-il le mieux approprié, il ne suffit pas pour résoudre le problème du transport des viandes par mer.

L'application du froid, simple en vérité, demande cependant quelques précautions, en l'absence desquelles l'état de conservation et d'hygiène des denrées risquerait fort d'être compromis.

DEUXIÈME PARTIE

CONDITIONS D'UTILISATION D'UNE FLOTTE FRIGORIFIQUE

I. — GENERALITES

Les viandes soumises à l'action du froid conservent pratiquement toute la valeur nutritive et les qualités organoleptiques qu'elles possédaient à l'état frais; et ceci durant une période variable, selon la technique adoptée. Cette saveur fraiche, avantage considérable qu'elles détiennent sur les viandes de conserve, se paie par la nécessité de disposer, non seulement de tout un équipement spécialisé pour leur préparation, cela serait peu de chose encore, mais aussi d'un outillage méticuleusement adapté à leur conservation.

Un matériel de transport particulier s'avère aussi indispensable, et son utilisation rigoureusement précise doit être confié à un personnel entraîné. Aucun détail technique ne peut être omis, sans risque sérieux de compromettre l'ensemble des opérations effectuées, et de faire perdre toute valeur, toute raison d'être, aux précautions prises antérieurement, ou qui seraient appliquées ultérieurement. C'est pourquoi, pendant la traversée en mer, la surveillance ne doit subir aucun relâchement, une négligence ou un « à peu près » devenant funeste.

1°) Action du froid.

En effet, le froid, tout au contraire de la chaleur, ne met pas, une fois pour toutes, les denrées qui lui ont été soumises, à l'abri des avaries. Au lieu de stériliser, il ne fait que stabiliser. Cette action, de plus, n'est nullement définitive et cesse dès que les denrées se retrouvent à une température plus élevée.

2°) Viandes réfrigérées.

Elle est même d'autant plus précaire, que le froid est moins poussé. Ainsi les viandes réfrigérées, fussent-elles maintenues à une température de 0° d'une constance parfaite, ne sauraient être conservées plus de quelques semaines.

Dans ce cas, plus nettement encore, les diverses activités biologiques sont loin d'être totalement suspendues mais elles subissent un simple ralentissement.

A cette température, les diastases préexistant dans les tissus, continuent à agir lentement mais d'une façon bien vite appréciable, et provoquent les réactions habituelles :

— Lyse des différents composants tissulaires, se traduisant par une maturation progressive de la viande. Ce processus bienfaisant, puisqu'il permet une augmentation de saveur et de tendreté, finirait par devenir néfaste, s'il se prolongeait trop, car il s'accompagne de l'inévitable développement des micro-organismes.

— Ceux-ci, d'espèces variables, ensemencées en plus ou moins grand nombre au cours de la préparation et des manipulations des carcasses, capables de se multiplier lentement à la température de 0°, dégradent les éléments constitutifs de la viande et finiraient à la longue par provoquer sa putréfaction complète. Leur vitalité s'accroît considérablement dès que les denrées ne sont plus soumises au froid.

— Il en serait de même pour les agents pathogènes qui auraient accidentellement souillé les viandes, ou préexisté à la mort d'un animal.

— Les larves de mouche, aussi, vivent fort bien à l'état latent dans ces conditions.

— Mais, outre les décompositions d'origine microbienne, ce sont surtout certaines espèces de moisissures, supportant parfaitement ces températures, qui limitent la durée possible de conservation ou de transport.

3°) Viandes congelées.

Par contre, aux plus basses températures auxquelles sont soumises les viandes congelées, on peut admettre que toute activité biologique est pratiquement suspendue, sauf pour quelques microbes frigoriphiles, quelques moisissures. En dehors du rancissement des graisses, perceptible au bout de longs mois de conservation, les modifications chimiques sont presque nulles.

Cela ne signifie pas la suppression de tout danger d'avarie, ni, ce qui est pire, de toute contamination ou infestation dangereuses, puisque, comme nous l'avons signalé, le froid ne saurait, même à ce degré, que suspendre les diverses manifestations biologiques; il ne peut les empêcher de reprendre par la suite leur cours au point où il les a surpris.

Cependant les viandes réfrigérées sont de conservation beaucoup plus délicate, et nécessitent de plus grands soins, aussi devrons-nous nous attarder un peu plus sur leur transport que sur celui des viandes congelées.

4°) Principales conditions a respecter pendant le transport.

Dans les deux cas, nous ne perdrons pas de vue l'uniformité de température, condition essentielle au maintien en bon état de conservation et d'hygiène; puis la propreté, car ces viandes ne sont pas insensibles aux pollutions microbiennes; enfin le degré hygrométrique et l'aération.

Ces derniers facteurs ne sont peut-être pas les moins importants. Un air trop sec, en effet, ou une ventilation trop forte

provoque une deshydratation accélérée de la viande, dont la qualité se trouve amoindrie et le poids réduit. Inversement, une trop grande humidité favorise le développement des micro-organismes.

5°) Conditions préalables.

Mais pour pouvoir envisager le succès d'un transport maritime, nous devons admettre que soient réalisées, au moment de l'embarquement, un certain nombre de conditions, tenant soit à l'état de la viande, soit à celui du navire. Force nous est de les signaler.

A) *Viandes saines.*

Une denrée qui serait en mauvais état de conservation au moment de son chargement, le resterait ou continuerait à se détériorer en cours de route, malgré tous les soins qui pourraient être apportés. Le navire n'est en effet que l'un des maillons de la chaîne du froid qui, de proche en proche, sans souffrir le moindre défaut, permet l'acheminement des viandes depuis le lieu de production jusqu'aux centres de consommation.

Il importe, au même titre, que les viandes soient entraînées par cette chaîne dès leur préparation. Ce sont les premières heures après la mort de l'animal qui sont les plus favorables aux micro-organismes, au moment où la carcasse encore chaude se refroidit. Le froid, par conséquent, doit être appliqué le plus tôt possible, avec la plus grande célérité, avant que les colonies microbiennes n'aient pris une extension importante; et dès lors aucune interruption ne peut être tolérée.

Il faut, en réalité, remonter même plus loin, jusqu'à l'origine et au choix des animaux, pour éviter tout déboire ultérieur. Appliquer le froid à une carcasse malsaine ou altérée serait absolument contre-indiqué, car aucune modification favorable ne pourrait être escomptée, tout au contraire.

Les méthodes de préparation des viandes, dans les pays

d'Amérique du Sud, les plus gros exportateurs, sont parfaitement décrites et citées en exemple par PIETTRE :

Le bétail choisi parvient aux abattoirs par voie ferrée, rapidement et sans grosse fatigue; il se repose une journée, est lavé avant d'être mis à mort. Abattage, dépouillement, préparation des quartiers, mise en chambres de réfrigération et de congélation, s'effectuent en un temps record, et dans des conditions d'hygiène remarquables, car tout est mécanique. L'inspection sanitaire, avant et après la mort, offre toute sécurité.

B) *Viandes suffisamment grasses.*

Enfin, ces animaux d'exportation ne seront pas dépourvus de graisse. Ce caractère revêt une importance particulière sous deux angles principaux. En faisant abstraction de l'augmentation de la valeur marchande de telles carcasses, une couche de graisse de couverture les protège contre deux grands dangers, la dessiccation et le développement microbien.

Les corps gras sont un milieu de culture nettement moins favorables à la pullulation microbienne que les protéines musculaires. Cette pullulation débute précisément à la périphérie des quartiers, soumise aux souillures extérieures. Et l'on ne saurait amoindrir l'importance de ce rôle, puisqu'il s'agit là de réduire le principal écueil de la conservation.

La dessiccation, cause de pertes sérieuses, quantitatives et qualitatives, toujours plus accentuée en surface, serait très importante en l'absence d'un minimum de graisse de couverture.

Nous admettrons donc que les carcasses ou les quartiers répondent à toutes ces conditions: du reste le personnel navigant s'en assure, autant que cela lui est possible, et, s'il constate quelque début d'avarie au moment de l'embarquement, il invite l'exportateur à venir le constater.

C) *Navire en bon état.*

Le navire lui aussi doit offrir toute garantie, et son installation frigorifique être en parfait état. C'est pourquoi les com-

partiments froids ne peuvent pas servir à transporter n'importe quelle marchandise, lors du voyage aller.

Tout objet dont la présence risquerait de détériorer l'isolation, ou de provoquer des souillures, doit être exclu.

Il en est de même de toute cargaison odorante. Les odeurs, dont se seraient imprégnées les différentes parties de la cale, le liège ou le bois, distilleraient et se transmettraient aux viandes entreposées par la suite. Elles sont plus ou moins tenaces, celle des oranges résiste particulièrement.

Les compartiments froids ne serviront donc, lors de ces voyages, qu'au transport de tissus, ou de quelques marchandises en caisses.

Un expert du Lloyd ou du Bureau Véritas est d'ailleurs chargé, comme nous l'avons signalé, de s'assurer du bon état du navire au moment de l'embarquement.

D) *Navire propre.*

Ces compartiments doivent être parfaitement propres et conformes aux prescriptions d'hygiène élémentaire. Leur nettoyage et leur désinfection périodiques s'imposent, et sont facilement réalisables au moyen d'eau javelisée, ou mieux, grâce à la sulfurisation. Cette dernière méthode a surtout l'avantage, de détruire, en plus, les rats qui parfois se multiplient en très grand nombre. La dératisation est alors indispensable, car ces petits rongeurs transportent et répandent de multiples agents pathogènes ou saprophytes, et détériorent les cargaisons.

Les méthodes à employer à bord des navires ont été étudiées expérimentalement par différents auteurs dont les avis varient quelque peu.

a) Sulfurisation.

Une concentration uniforme de 0,5 % en volume d'anhydride sulfureux serait suffisante pour détruire les rats en une ou deux heures; mais, comme le fait si justement remarquer le Docteur C.-L. Williams, la teneur en vapeur dans les refuges à rats, endroits clos, ou semi-clos, est toujours très inférieure à celle

de l'ensemble du local sulfurisé. Il faudrait pouvoir la contrôler et capturer les rats, ou s'assurer de leur mort.

La Société Clayton de Londres, employait, selon le Docteur P.-G. Stock, une concentration de 3 % en volume, pendant une durée de trois heures, comptée seulement à partir du moment où ce pourcentage était effectivement atteint.

Mais un volume de 1,5 % durant une même période serait, en réalité, suffisant. On utilise d'autres fois une concentration de 2 % pendant quatre heures.

La réalisation en est commode au moyen de bouteilles à SO^2 liquide, ou par combustion d'un poids de soufre facile à calculer, égal à la moitié du poids de SO^2 à obtenir.

Certaines précautions sont indispensables afin d'éviter la formation d'acide sulfurique au contact de l'eau : le local ne doit pas être humide, car cet acide détruirait même les parties métalliques des compartiments.

Naturellement la sulfurisation ne peut s'effectuer qu'en l'absence de cargaison, et en particulier de viandes, vu leur richesse en eau de constitution.

Les locaux sont fortement aérés après l'opération.

b) Vaporisation d'acide cyanhydrique.

Au contraire, l'acide cyanhydrique, qui détruit les petits rongeurs en 12 heures à une concentration de 1 %, n'est absorbé qu'en très faible proportion par les viandes, et ne constitue pas un danger pour les consommateurs.

Il est cependant préférable de le vaporiser également au moment où les cales sont vides, et, comme pour la sulfurisation, il est nécessaire de bien aérer ensuite, car l'absorption de ces vapeurs par voie respiratoire est des plus dangereuses.

Maintenant, le navire étant propre, en bon état, et les viandes conformes aux conditions exigées, nous pouvons envisager le transport lui-même.

II. — TRANSPORT DES VIANDES REFRIGEREES

1°) Caractéristiques des viandes réfrigérées.

L'application d'un froid modéré permet une augmentation intéressante de la durée de conservation des viandes, sans modifier du tout leurs structure par la présence de cristaux de glace. Ceux-ci, surtout lorsqu'ils sont nombreux et grands peuvent dilacérer les fibres musculaires, parfois les déchirer, et entraîner d'importantes pertes de liquide au moment de la décongélation. Les viandes jeunes, plus aqueuses, en souffriraient davantage encore. Aussi la réfrigération s'impose-t-elle particulièrement pour les transports de carcasses d'agneaux.

Les caractéristiques des viandes réfrigérées ne varient donc guère de celles des viandes fraîches. Leur préparation à une température voisine de 0°, dans un léger courant d'air, puis leur conservation, aboutissent à la formation d'une couche superficielle desséchée, parcheminée, terne, qui brunit légèrement, sous laquelle les muscles conservent leur aspect naturel et laissent s'écouler à la pression un suc jaunâtre.

Mais leur texture est inchangée; à la rigidité cadavérique succède peu à peu le ramollissement propre aux viandes rassises. La surface desséchée, protègeant la masse d'une deshydratation accentuée, est un facteur de bonne conservation. Et jamais la viande ne prend la texture de bloc dur et gelé. Elle est donc à l'abri du préjugé, trop généralement répandu, contre les viandes frigorifiées, et se trouve très appréciée de tous les consommateurs.

Les viandes maintenues à une température supérieure à 0°, oscillant entre + 2° et + 10°, qu'il faut plutôt qualifier de viandes préréfrigérées, se rapprochent plus encore des viandes fraîches, mais la conservation et la durée possible de transport en sont sensiblement diminuées.

2°) Les divers transports maritimes.

Cette technique est appliquée avec succès à l'importation par la Métropole de moutons d'Afrique du Nord.

Cependant, toutes les viandes réfrigérées de bovins destinées à l'exportation sont pratiquement accaparées par la Grande-Bretagne, et parcourent de très longs trajets avant d'arriver à destination.

Celles d'Amérique du Sud, et de l'Empire Colonial Britannique : Australie, Nouvelle-Zélande, Afrique du Sud, séjournent en mer de 20 à 50 jours.

De ce fait, les marges de sécurité pour la température à adopter, et pour la durée de conservation, sont très faibles; les viandes préréfrigérées, ne voyageront pas plus de 4 à 6 jours, et les viandes réfrigérées, pour supporter de longs parcours, doivent rester à une température inférieure à 0°, mais toujours supérieure à — 1,5°.

C'est en effet, à partir de cette dernière température que la glace commence à se former.

Encore faut-il prendre des précautions particulières lorsque la conservation est appelée à excéder 30 jours. Nous les signalerons après avoir envisagé le cas général.

Le rapport entre la température et les distances maritimes possibles étant connu, nous traiterons des transports en cales réfrigérées, puis de l'emploi des containers.

3°) Transport en cale réfrigérée.

A) *Disposition des carcasses.*

La disposition des quartiers de bovins ou des carcasses d'ovins dans les cales doit être telle qu'aucun contact ne soit possible entre eux. Cette condition est primordiale, car sans elle, on assisterait à une altération plus ou moins accentuée au niveau des surfaces rapprochées. En plus des détériorations

mécaniques dues aux heurts, l'espace compris entre deux morceaux mal séparés n'est pas, ou est peu soumis aux mouvements de l'air, et rapidement la quantité de vapeur d'eau provenant de l'évaporation des tissus augmente, pour devenir bien supérieure à la moyenne entretenue dans la cale. Les microbes et les moisissures y trouvent un terrain plus propice, s'y développent plus rapidement et gagnent ensuite, en agrandissant leur foyer, toute la surface des morceaux, puis leur profondeur.

Il est donc indispensable de suspendre les quartiers ou les carcasses, et dans les cales sont prévues à cet effet, des barres métalliques transversales situées près du plafond, supportant des crochets à chacun desquels est suspendu un seul quartier ou une seule carcasse. Pour les carcasses de mouton, on prévoit généralement leur chevauchement, par deux barres à niveaux différents.

Quelques perfectionnements dans l'arrimage peuvent être ajoutés, pour éviter les entre-chocs au cours des traversées par grosse mer.

Les compartiments, hauts de 2,50 à 3 m., permettent cette disposition, qui n'est pas économique, et fait perdre une partie du cubage disponible, plus encore lorsqu'il s'agit de petits animaux que de quartiers de bovins. On ne peut guère compter plus de 150 à 200 kg. de viande par m^3.

B) *Protection des carcasses et des quartiers.*

Les morceaux sont cousus dans un sac de lin, ou recouverts d'une simple stockinette, fine toile qui les protège des contacts directs, et limite la pollution par les poussières sans constituer d'obstacle à l'aération.

C) *L'état hygrométrique.*

L'état hygrométrique à entretenir est de 75 à 80. Il s'agit là de l'état hygrométrique relatif, c'est-à-dire du pourcentage de tension de vapeur d'eau, par rapport à la tension de vapeur saturante correspondant à la température envisagée.

Pour qu'il soit à peu près constant dans tout le local, un brassage léger de l'air est de rigueur, mais une ventilation forcée provoquerait une dessiccation trop poussée.

D) *Le système de refroidissement.*

Le système de refroidissement le plus utilisé est la disposition d'un réseau de serpentins sur toutes les parois et le plafond du local. Ainsi, simplement grâce à l'espacement des viandes, les mouvements de convexion assurent le transport de l'excédent de vapeur, provenant des viandes, vers les serpentins où elle se condense. Il est toutefois préférable, étant donné l'irrégularité de cette circulation, de faire fonctionner un ventilateur; mais une localisation des serpentins au plafond rend cette mesure inutile.

Dans les cales à réfrigération mixte, la circulation forcée ne doit pas être utilisée.

Cependant la ventilation mérite, pendant les premières heures, d'être augmentée, ou même la réfrigération mixte mise complètement en action, lorsqu'au cours d'un chargement trop lent, il s'est produit une condensation de vapeur à la surface des viandes, et, à plus forte raison, lorsque l'erreur est commise d'embarquer les carcasses sans les avoir soumises à une réfrigération préalable. Cela permet d'accélérer le refroidissement et de sécher les viandes.

En dehors de ces circonstances, on s'en tient à une aération plus réduite.

E) *La surveillance.*

La surveillance à exercer pendant le transport est donc simple, mais indispensable, puisque ces denrées sont d'une fragilité incontestable.

Actuellement, on se contente le plus souvent d'un contrôle thermométrique, mais on gagnerait à instituer de plus un contrôle de l'humidité, en plaçant quelques hygromètres en différents points de la cale, afin de pouvoir à tout moment modifier l'aération selon les indications relevées. Tous les jours ou

tous les deux jours, un officier de surveillance devrait venir se rendre compte de l'état de la cargaison.

F) *Précautions spéciales dans le cas des transports sur longues distances.*

a) Difficultés.

Mais toutes ces précautions sont insuffisantes lors d'un très grand voyage.

Jusqu'en 1932 et 1933, les Anglais ne recevaient de viandes réfrigérées que d'Amérique du Sud et d'Afrique du Sud, dont le transport s'effectuait en 20 ou 30 jours.

Ils essayèrent à cette époque d'avoir recours, en plus, à leurs possessions d'Australasie, qui ne pouvaient être reliées qu'en 40 à 55 jours. Cette augmentation considérable devait leur coûter certains échecs les premiers temps. Les viandes parvenaient plus ou moins altérées. Leur surface était poisseuse, et brillante par suite du développement d'une flore microbienne. Les moisissures atteignaient souvent profondément les quartiers, jusqu'à les rendre inconsommables. Les qualités organoleptiques étaient toujours sensiblement diminuées.

b) Recherche des causes d'altération.

Certains auteurs anglais s'intéressèrent alors à ces processus et étudièrent systématiquement les différents agents de ces altérations.

R.-B. HAINES constate la pullulation d'achromobacter, J.-R. WICKERY observe en outre pseudomonas sur les quartiers réfrigérés. W.-J. SCOTT étudie leur vitesse de développement.

Deux méthodes furent alors mises en œuvre simultanément pour empêcher de telles pertes : la première tendait à diminuer le plus possible les causes d'ensemencement, et la deuxième à entraver le développement des microbes.

Il fallait donc rechercher les sources de la contamination. Les laboratoires d'Australie et de Nouvelle-Zélande connurent une activité très vive.

Il y fut démontré que les moisissures identifiées sur les viandes étaient les mêmes que celles qui vivaient en saprophytes sur les boiseries des abattoirs.

Achromobacter et pseudomonas provenaient au contraire de la peau et des sabots des animaux.

Tous ces agents étaient transmis, soit par contact direct, soit par l'intermédiaire des ouvriers non prévenus, de divers objets, des instruments, et par les poussières transportées par l'air des chambres de préparation.

A partir du moment où les causes étaient connues, les procédés destinés à obvier à ces altérations étaient de principe fort simple, mais exigeaient une application minutieuse et une surveillance sans cesse en éveil :

c) Réduction de la contamination.

Les animaux, éloignés des salles d'abattage, n'y entraient qu'après avoir été entièrement lavés et douchés. Toutes les chambres où pénétraient les viandes étaient plus fréquemment et plus complètement nettoyées. Après désinfection des murs et du sol, on y vaporisait du formol.

Les boiseries, en particulier, étaient journellement brossées et lavées à l'aide de solutions antiseptiques, les stockinettes stérilisées, et toutes précautions prises pour éviter les transports des microorganismes.

Des instructions très strictes, données au personnel complétaient ces dispositions, afin que les vêtements soient propres et les instruments désinfectés.

De même, une désinfection des cales des navires s'imposait avant le chargement des quartiers. Elle s'effectuait à l'avance, par vaporisation de formol, à la dose de 5 à 10 gr. d'aldéhyde formique par m^3, maintenue pendant 24 heures.

d) Réduction de la vitesse de développement des microbes et des moisissures.

Après avoir réduit au minimum la contamination des quartiers, il restait encore à les soumettre à une action capable

d'enrayer le développement des spores et des colonies, qui fatalement ensemenceraient toujours leur surface.

— *Le procédé* Linley. — Le procédé Linley qui existait déjà à cette époque et avait été appliqué au transport des viandes réfrigérées, ne prit cependant pas d'extension.

Il consistait à soumettre les quartiers, immédiatement après leur réfrigération, à une atmosphère formolée, pendant une heure; puis à faire pénétrer un courant d'air sec tous les jours pendant une demi-heure jusqu'à leur embarquement. La cale frigorifique, elle aussi, était formolée plusieurs fois pendant la traversée et la conservation se révélait excellente.

Cette méthode assurait l'aseptisation de la surface des quartiers au niveau de laquelle le formol ne pouvait pas être decelé, lorsqu'une couche de graisse la recouvrait. Cependant les parties dépourvues de graisse s'imprégnaient d'aldéhyde formique jusqu'à une profondeur de 2 cm. et les substances albuminoïdes se combinaient avec elle. Bien que la majeure partie de cette aldéhyde se dissipât au moment de la cuisson, la saveur de la viande s'en ressentait quelque peu.

— *Procédé « vacuum »*. — D'autres procédés, consistant à modifier l'atmosphère de conservation pendant toute la durée des parcours, furent jugés préférables, expérimentés et finalement généralisés.

En février 1932, arriva à Londres un navire transportant des viandes de Nouvelle-Zélande par le procédé « vacuum », c'est-à-dire en maintenant un vide assez élevé dans les compartiments froids. Ce n'était pas encore la bonne voie, car les viandes perdaient une partie de leur poids par deshydratation.

— *Atmosphère carbonique*. — Diverses recherches furent faites en vue de la conservation des viandes en atmosphère carbonique.

La Low Temperature Research Station de Cambridge démontra que la durée de conservation pouvait être doublée par la présence d'un taux de 10 % de CO^2.

T. Moran, E.-C. Smith et H.-G. Tomkins étudièrent le développement des bactéries et moisissures des viandes réfrigérées

en présence de différentes proportions de CO^2, et préconisèrent les quantités de 10 à 20 %.

Ce procédé n'arrête pas complètement le développement des agents aérobies, mais le ralentit suffisamment pour permettre ces importations.

Le 9 juin 1933, le cargo « Port Fairy » quittait Wellington en Nouvelle-Zélande avec un chargement de 520 quartiers postérieurs de bœufs, abattus et préparés à Waingana dans les meilleures conditions d'hygiène, et rejoignait Southampton en 39 jours.

La température et le degré hygrométrique furent soigneusement contrôlés en cours de route.

Une atmosphère de 10 % de CO^2, entretenue dans la chambre d'experience de l'entrepont, ne put être maintenue que les 25 premiers jours, car des fissures se produisirent par grosse mer, et toute la réserve de gaz fut épuisée avant l'arrivée.

Malgré cela, les quartiers ne portaient au déchargement aucune trace de moisissure ni d'altération microbienne.

Le cargo « Moolton » réalisa, en août 1933, le transport de 50 bovins, d'Australie à Londres, dans de bonnes conditions par le même procédé.

Plusieurs compartiments à viandes du paquebot « Port Chalmers », construit à ce moment-là, étaient hermétiques grâce à un revêtement intérieur d'acier.

Une expérience, contrôlée avec précision par une numération des colonies d'achromobacter, permit d'affirmer, à l'arrivée du vapeur « Idoneus », que les précautions prises à l'abattoir de Brisbane, et la constance, durant la traversée, de la température (— 1,4°) et du taux de CO^2 (11 %), s'étaient soldées par un résultat probant. Le nombre des bactéries avait été réduit dans le rapport de 7 à 1.

Aujourd'hui, les Anglais se sont arrêtés au taux de 12 % et utilisent couramment cette méthode pour un transport annuel de plusieurs centaines de milliers de quartiers, provenant d'Australie et de Nouvelle-Zélande.

Si l'on envisageait ici la chaîne du froid dans le temps, le navire en représenterait la quasi-totalité, en dehors des 5 ou 6 jours passés à l'abattoir d'origine, et des délais pour le déchargement et la vente. Cependant quelques erreurs de technique, commises en dehors de ce maillon de chaîne, n'en seraient pas moins graves. Il importe que les liaisons avec les maillons voisins ne soient pas négligées.

G) *Embarquement et débarquement.*

Embarquement et débarquement ne doivent être jamais des occasions de réchauffement ni de souillure pour les viandes. Ces manipulations seront menées le plus rapidement possible, et sans que les viandes ne puissent être soumises au rayonnement solaire ou aux pluies, ni salies par les poussières.

Tout cela est sous la dépendance des installations portuaires, et même de la conception du navire. Une liaison mecanique est la solution la plus avantageuse.

a) Conception des navires.

Les cales et entreponts réfrigérés doivent avoir accès direct vers l'extérieur, car un transport à dos d'homme dans des couloirs et des compartiments non refroidis, constituerait une perte de temps considérable et néfaste.

Une largeur des panneaux bien calculée facilite la rapidité des manœuvres. Le cargo « Djebel Nador » était d'une conception parfaite, et ses portières d'embarquement, s'ouvrant directement dans l'entrepont et au niveau des quais, réalisaient les meilleures conditions à cet égard.

Les machines frigorifiques, mises en marche à l'avance, refroidissent les compartiments, et continuent à fonctionner pendant le chargement et le déchargement.

b) Port d'embarquement.

Au départ, les bateaux reçoivent leurs marchandises directement du frigorifique adjoint à l'abattoir, ou d'un entrepôt frigorifique où elles ont été préalablement transportées après des trajets plus ou moins longs.

Mais dans les deux cas, l'entrepôt devrait être bord à quai.

L'entassement des quartiers ou des carcasses dans le filet d'une grue n'est pas recommandable; il faut lui préférer le système des crochets roulants qui amènent rapidement les pièces aux panneaux du navire.

Un hangar ou une bâche protège ce parcours, dans les installations portuaires bien comprises, et met les viandes à l'abri des intempéries.

Une gaîne complètement fermée, dans laquelle on peut même insuffler un air refroidi, est le système qui offre le plus de sécurité.

Le personnel appelé à manipuler les carcasses doit naturellement être surveillé et propre.

Les pays d'Amérique du Sud, qui ont adopté l'abattoir au port, offrent l'exemple de parfaites installations de chargement, grâce auxquelles les carcasses sont à tout moment à l'abri des intempéries.

— Il arrive souvent qu'une impossibilité matérielle vienne s'opposer à un chargement direct. soit qu'une profondeur insuffisante ne permette pas l'accostage des navires, soit plutôt que l'entrepôt se trouve éloigné du quai; il est alors indispensable de prévoir un moyen de transport compris de manière à éviter l'entassement de la viande et son réchauffement : wagons réfrigérés avec crochets à viande, radeaux à hangar froid.

En Afrique du Nord, de très grands progrès restent à faire de ce côté. Il n'y existe aucun entrepôt frigorifique bord à quai, et le transport des carcasses de moutons s'effectue en dépit du bon sens, souvent au moyen de charrettes hippomobiles zinguées, mal nettoyées, où les viandes sont entassées sans aucune protection.

Bien plus, celles-ci sont fréquemment chargées sans refroidissement préalable, et le navire ne parvient qu'à abaisser la température à + 10° ou + 15°.

Cette situation a attiré bien des attentions, et le Syndicat des Importateurs a été jusqu'à proposer la construction d'abattoirs flottants, suggestion certainement excessive et qui n'ajoute

rien d'intéressant à la conception des abattoirs ou des entrepôts bord à quai.

c) Port de déchargement.

Les principes à respecter lors du déchargement sont tout à fait analogues. Les entrepôts du Havre et de Marseille qui recevaient des viandes réfrigérées d'Afrique du Nord, se trouvent à quelques centaines de mètres du Port. L'emploi de véhicules réfrigérés s'impose pour franchir cette distance.

Mais les viandes déchargées ont généralement diverses destinations : le simple transit, l'entreposage sur place, ou la consommation locale immédiate. C'est pourquoi il est question de construire des consignes frigorifiques attenant aux quais, d'où l'on distribuerait ensuite les viandes vers les différentes destinations. De cette façon l'organisation serait plus simple; il ne serait pas nécessaire de faire coïncider, au moment de l'arrivée du navire, la présence de wagons pour la réexpédition avec celle des moyens de déchargement sur place. On envisagerait d'aménager ainsi le Bassin de la Joliette à Marseille.

Mais, comme le remarque M. LEMAIRE-AUDOIRE, de telles consignes, appelées à recevoir des denrées refroidies de toutes espèces, verraient se succéder rapidement les navires à leur quai et, pour éviter l'encombrement, les bateaux devraient, dès le déchargement des denrées réfrigérées terminé, se déplacer pour déposer ailleurs le reste de leur cargaison; et ces mouvements répugnent à l'armement.

Il en serait d'ailleurs de même pour tout entrepôt frigorifique qui disposerait d'une faible longueur de quai. Cela pourrait constituer un argument en faveur des navires spécialisés, entièrement frigorifiques.

Fréquemment en Angleterre, le marché s'approvisionne en viandes réfrigérées directement à bord du navire qui a la possibilité de séjourner quelques jours à quai; solution idéale mais dont la réalisation n'est pas toujours faisable.

d) Coordination.

Embarquement et débarquement ne s'exécutent rapidement que par une discipline de tous, une coordination prévue à

l'avance, et une entente entre exportateurs, armement et réceptionnaires. Il est indispensable que les opérations de dédouanement ne retardent rien, et que l'inspection sanitaire se passe à l'entrepôt frigorifique même.

4°) Transport des containers.

L'emploi des containers supprime tout risque d'altération au cours du chargement et du déchargement du bateau, mais il demande cependant des précautions, une rapidité de manœuvres, car l'abaissement de température réalisé n'est pas très important et ne permet qu'une conservation de courte durée. Il s'agit en réalité de viandes préréfrigérées.

L'encombrement et l'excédent de poids résultant du contenant a limité jusqu'à présent leur utilisation, du moins en mer. De plus, les parcours devant être réduits, c'est pratiquement sur les lignes méditerranéennes seulement qu'ils ont été employés. Quelques expéditions de carcasses de moutons d'Algérie parvenaient ainsi en France.

A) *Technique.*

— Le chargement des isocadres s'effectue au centre de production. Le refroidissement a lieu au préalable par le remplissage des bacs à glace, 12 heures à l'avance; et les viandes y sont suspendues le plus rapidement possible, dans un local frais, afin d'éviter un réchauffement trop accentué.

L'arrimage est très dense, réalisant la meilleure utilisation de place. Deux barres, sur lesquelles sont placés les crochets sont ordinairement prévues : l'une supérieure et fixe; l'autre inférieure mobile, dont on règle la hauteur de façon que ses crochets ne meurtrissent pas les carcasses de la rangée supérieure.

Les grands containers d'un volume utile de 7 m^3, contiennent ainsi 1.500 kg. de viande.

Les bacs sont à nouveau remplis dès le chargement terminé.

— Il y aurait avantage à refroidir les carcasses auparavant, car l'arrimage serré ne permet qu'une circulation d'air et un refroidissement très lents. Mais les installations frigorifiques sont généralement inexistantes au lieu de chargement.

Les Italiens ont appliqué aux containers une méthode efficace de prérefroidissement après chargement, comparable à celle des stations de réfrigération pour wagons : insufflation d'air, refroidi par une petite usine frigorifique mobile, elle-même contenue dans trois caissons ayant les dimensions des containers.

Quoiqu'il en soit le refroidissement s'effectue en Algérie, après le chargement des viandes et par simple action de la glace.

Le rechargement de glace est nécessaire tous les deux jours, en été, ou tous les trois jours en hiver, et la consommation d'un de ces grands containers est en moyenne de 120 kg. par jour.

La température des carcasses après 3 à 5 jours de voyage est de + 7° à + 12°.

B) *Premiers essais.*

Le Docteur Ben Danou fut l'organisateur des premières expériences, qui démontrèrent l'intérêt qu'offrent les containers pour les transports vers la Métropole des carcasses d'Algérie.

— Le premier chargement eut lieu le 30 avril 1933, à Djelfa, zone de concentration des troupeaux des hauts plateaux, située à 400 km. d'Alger. Deux isocadres, refroidis plusieurs heures à l'avance par deux charges de 600 kg. de glace, l'une dans le bac, l'autre sur le caillebotis du plancher, furent remplis chacun de 70 carcasses, et amenés en 3 jours à Paris par Alger et Marseille, sans rechargement de glace. Les carcasses arrivèrent à une température de + 9,5°, et furent vendues les 4 et 5 mai.

— Le deuxième essai d'expédition par Djelfa eut lieu en Avril 1934, et les viandes livrées en excellent état aux marchés de Lyon et Paris après 4 et 5 jours de voyage.

— En 1935, le Docteur Ben Danou compléta ces expériences par celles d'Aïn-Sefra, lieu situé dans le sud de l'Oranie. Les

cadres avaient été prérefroidis par de la glace carbonique, et furent expédiés, chargés de glace d'eau. Ce chargement de glace fut recomplété à Oran et à Marseille, et permit une bonne conservation jusqu'à la capitale.

— Une autre expédition se fit peu après d'Aïn-Sefra à Paris, en quatre jours, et fut couronnée de succès.

— Depuis lors, ces envois se répétèrent sur une petite échelle, et quelques viandes marocaines nous parvinrent aussi de Nemours, de cette manière.

C) *Inconvénients.*

Malheureusement, les isocadres, en plus de l'inconvénient de leur encombrement, ne parviennent qu'à abaisser faiblement la température.

Le drikold permettrait certainement par une réfrigération plus énergique, et par l'action stabilisatrice du gaz carbonique, de prolonger de plusieurs jours la durée du trajet en mer, mais son prix de revient est encore plus élevé en Afrique du Nord qu'en France, si bien qu'il n'est pas possible d'y songer.

Les isocadres ne sont destinés qu'à des parcours maritimes inférieurs à 4 jours. De ce fait, ils ne peuvent servir au transport vers les ports de la Manche des viandes provenant de la côte marocaine occidentale. La traversée de Casablanca au Havre ou à Dunkerque exige 6 jours; le rechargement d'agents réfrigérants nécessiterait la présence d'une machine à glace à bord, aussi leur préfère-t-on sur ces distances les petites cales réfrigérées.

Du reste ces dernières réalisent de meilleures conditions pour la conservation des viandes, par une aération bien plus complète et un refroidissement plus puissant.

Le container, avec ses multiples inconvénients, n'offre aucun avantage sur une chaîne du froid solide et sans défaut. Il est en effet prouvé que des viandes préparées dans de bonnes conditions, soumises aussitôt à l'action du froid, amenées au port s'il y a lieu dans des wagons réfrigérés, et chargées rapidement à l'abri des intempéries dans des cales froides, peuvent être

transportées d'Amérique en Europe sans s'altérer le moins du monde, même en l'absence de gaz CO^2. Les quelques manipulations menées rapidement ne font nullement souffrir les denrées.

D) *Avantages.*

Malgré cela, les isocadres ont rendu des services incontestables; ils se conçoivent très bien dans les régions où l'organisation du froid est embryonnaire, ou inexistante, comme en Afrique du Nord. Ils compensent de même une flotte insuffisamment équipée en cales réfrigérées.

Puisqu'en France, la chaîne du froid est bien établie, sur les voies de pénétration, vers les grands centres, il serait peut-être plus économique de n'employer les containers que pour le transport des carcasses des centres de production africains aux ports d'embarquement, le reste du trajet s'effectuant en cales réfrigérées, puis en wagons réfrigérés.

Il est vraisemblable que l'avenir fera assister à leur disparition, au fur et à mesure que notre flotte frigorifique se reconstituera, et que s'édifiera en Afrique du Nord, la chaîne du froid si vivement souhaitée.

Les containers résisteront logiquement pour les petits transports terrestres entre les divers centres régionaux petits et moyens, mal équipés en entrepôts frigorifiques.

Ils ont cependant apporté très certainement, et c'est l'avis de PIETTRE, une impulsion à la production en Afrique du Nord de denrées périssables.

— Lorsqu'il est nécessaire de conserver les viandes beaucoup plus longtemps, et d'avoir une sécurité beaucoup plus grande, lors de très longs transports, ce n'est plus aux viandes réfrigérées que l'on fait appel, mais aux viandes congelées.

III. — CARCASSES ET QUARTIERS CONGELES

1°) Caractères des viandes congelées.

A) *Température de conservation.*

Les températures de — 8° à — 12° sont adoptées depuis longtemps pour la conservation des viandes congelées, qui peut ainsi atteindre un an.

On s'en tient plus rarement à une température de — 6°, lorsque la consommation doit avoir lieu à plus brève échéance.

B) *Aspect.*

Ces viandes sont dures du fait de la solidification d'une partie de leur eau de constitution.

La coloration de la surface ne se modifie sensiblement qu'après un certain temps de conservation : elle prend des nuances rouge foncé ou brun, dues à une concentration par dessiccation et surtout, à une modification irréversible de l'hémoglobine. Il en est de même des sections osseuses exposées à l'air.

La graisse est ferme, légèrement granuleuse.

C) *Examen microscopique.*

L'examen microscopique des muscles congelés révèle la présence de cristaux de glace interfasciculaires et interfibrillaires. Lorsque ceux-ci sont volumineux, ils disloquent les fibrilles musculaires et parviennent même à en détacher les disques clairs et sombres.

Cette séparation de l'eau constitue un grave inconvénient, car au moment de la décongélation, une partie n'en peut être résorbée et s'écoule. De plus, la rupture des fibrilles musculaires entraîne simultanément la perte d'une partie du suc musculaire. De ce fait, la valeur nutritive et la saveur des viandes sont amoindries.

D) *Causes de dépréciation.*

Les viandes congelées ne sont pas à l'abri des altérations microbiennes, ni des moisissures. Mais, lorsque toutes précautions sont prises en vue de s'opposer au développement de ces agents, deux principaux écueils limitent encore la durée de conservation : la rancidité des graisses, et la dessiccation.

— L'énumération de ces indications, dont il ne nous appartient pas de faire l'étude, était indispensable pour déterminer les conditions dans lesquelles doivent s'effectuer les transports de ces viandes.

2°) Conditions d'une bonne conservation.

A) *Conditions générales.*

Comme en ce qui concerne les viandes réfrigérées, il importe qu'à l'origine les animaux soient sains, assez engraissés, bien reposés au moment de leur abattage, et que tout soit fait pour éviter l'ensemencement des carcasses par les micro-organismes et les moisissures provenant du contenu intestinal, des poussières et des diverses sources de contamination.

Le froid doit être appliqué très tôt avant tout développement important des processus biologiques.

B) *Limitation de la deshydratation.*

— La ventilation de l'atmosphère de conservation ne doit pas être trop poussée sans motif particulier.

— La préparation des viandes selon la technique de la congélation rapide, réalisant l'abaissement le plus brusque possible de la température des viandes, est celle qui permet d'obtenir les plus petits cristaux, donc les moindres désordres histologiques et ultérieurement les plus faibles pertes de liquide.

Appliquée précocement, cette technique réduit de plus toutes les modifications biologiques.

Coutumière aujourd'hui dans les pays gros producteurs, elle n'est plus exceptionnelle en France.

C) *Limitation de la rancidité.*

Le phénomène de la rancidité est encore fort mal connu. Deux sortes de transformations chimiques semblent l'accompagner : hydrolyses dédoublant les graisses en glycérine et acides gras, puis oxydations, aboutissant essentiellement à la fixation d'oxygène ou d'oxhydrile sur les doubles liaisons des acides gras non saturés.

On admet que ce phénomène est, au moins partiellement, d'origine biologique. Certaines modifications chimiques sont sous la dépendance de diastases, les unes préexistant dans le tissu adipeux, les autres sécrétées par des micro-organismes ensemencés après l'abattage.

Parmi les corps, qui apparaissent finalement, se trouvent des aldéhydes et des acides à odeurs caractéristiques, et des éthers butyriques.

Toutes les précautions prises en vue d'éviter l'ensemencement et le développement des micro-organismes permettront donc également de ralentir l'évolution vers la rancidité.

Les diastases tissulaires, elles aussi soumises très tôt à l'action du froid, n'agiront que très lentement.

Mais il sera encore nécessaire de veiller, pendant toute la durée de conservation et des transports, à ce que les viandes ne soient ni exposées à l'humidité qui favoriserait les réactions d'hydrolyse, ni exposées à une très forte aération, afin que les phénomènes d'oxydation soit limités.

3°) Conditions du transport en mer.

Contrairement au cas des viandes réfrigérées, la durée du transport des viandes congelées est relativement très réduite en comparaison du temps de conservation possible. Est-ce à dire que l'on peut ici se contenter d'une surveillance plus légère ?

Bien que cette opération soit assurément moins délicate, elle mérite de n'être pas négligée : si quelque phénomène biologique avait la possibilité de débuter à cette occasion, il continuerait à se développer par la suite, malgré toutes précautions

et l'application ultérieure d'une technique parfaite. Le développement de moisissures, l'apparition de la rancidité, même s'ils étaient imperceptibles au moment du déchargement du navire, n'en seraient pas moins graves, puisqu'en cette matière, c'est l'amorçage du processus qui joue le plus grand rôle. Ces denrées, appelées le plus souvent à être mises en réserve de longs mois, et stockées dans des entrepôts frigorifiques, verraient leurs altérations s'accélérer irrémédiablement.

A) *Protection des quartiers et des carcasses.*

Les carcasses des petits animaux sont laissées entières, et les bovins sont transportés sous forme de demi-carcasses, ou surtout de quartiers.

La protection de ces morceaux est assurée par une double enveloppe : une fine stockinette en contact direct avec la viande, et une toile plus grossière, en coton ou en jute, qui recouvre cette dernière.

B) *Arrimage.*

L'arrimage peut être très serré, sans aucun inconvénient. Les morceaux durs, et bien protégés, ne souffrent pas des contacts d'objets voisins. Cela permet de les entasser sur une hauteur de 2,75 à 3 m., dans les cales.

Des claies protègent les parois de pitchpin à ce niveau, et des caillebotis, séparant les viandes du plancher, facilitent la circulation d'air.

Il est avantageux, en ce qui concerne les quartiers de bovins, de disposer sur le rang le plus inférieur des quartiers antérieurs, la concavité thoracique dirigée vers le bas, pour laisser meilleur passage à l'air.

Cet empilage permet une bonne utilisation de la capacité des cales, puisqu'un mètre cube peut emmagasiner 330 à 500 kg. de viande. C'est la raison pour laquelle, à chaque diminution du tonnage disponible, particulièrement au cours des guerres, on assistait à une réduction des transports de viandes réfrigérées, au profit des importations de viandes congelées.

C) *Etat hygrométrique.*

L'état hygrométrique relatif entretenu dans les cales, est de 90 à 95.

Du reste, à cette température de — 10°, l'état hygrométrique absolu est fatalement très faible, et ne risque pas de constituer un facteur favorable au développement des micro-organismes.

L'évaporation est très limitée, car la différence de valeur, entre la tension de vapeur de l'atmosphère du local, et la tension de vapeur saturante correspondant à la température des viandes, est de même toujours très réduite.

L'état hygrométrique se règle automatiquement, sans qu'il paraisse souhaitable d'en instituer un contrôle quelconque.

D) *Refroidissement et ventilation.*

Le refroidissement doit être effectué sans circulation forcée d'air. Celle-ci favoriserait la dessiccation des viandes, accélèrerait les oxydations et, par conséquent le rancissement des graisses.

Tout au plus un ventilateur peut être mis en action, pour régulariser la température dans tout le local. L'air circule lentement entre les carcasses; aération suffisante, puisque l'excédent d'humidité qu'elle doit éliminer n'est jamais dangereux.

E) *Fixité de la température.*

La température des cales est celle qui a été adoptée pour la conservation dans les entrepôts : — 8° à — 12°, selon les cas.

Il faut éviter le plus possible ses variations. En effet, les cristaux de glace peuvent grossir quelque peu au cours de la conservation, et la concentration des sucs musculaires se modifie, du fait de variations lentes de température :

une faible hausse de température se traduit par la fusion d'une partie des cristaux de glace, sans que l'on puisse cependant parler de décongélation; lorsque la température revient à sa valeur initiale, la solidification se produit à nouveau, mais lentement, c'est-à-dire dans de mauvaises conditions.

A plus forte raison, si la température remontait au point de provoquer des décongélations superficielles locales, la recongélation ferait adhérer en ces points la stockinette à la viande, ce qui entraînerait des pertes par parage au moment de la consommation; cela risque surtout de se produire, en fait, pendant les manipulations.

F) *Embarquement et débarquement.*

Le chargement et le déchargement posent les mêmes problèmes que dans le cas des viandes réfrigérées. Ils s'effectuent rapidement, en évitant que les viandes ne soient souillées et que leur température ne puisse s'élever.

Cependant, les manipulations des viandes congelées sont plus faciles que celles des viandes réfrigérées pour deux raisons :

Elles peuvent être entassées sans inconvénient; on utilise donc généralement des grues, ce qui permet un travail rapide.

De plus, l'accumulation de ces denrées constitue un « volant » de froid important, grâce auquel la température n'oscille que très peu, même en présence momentanée de sources de réchauffement.

Les entrepôts frigorifiques bord à quai offrent le maximum de sécurité.

L'ancienne gare frigo-maritime de Bordeaux-Bassens était très bien conçue pour une réception rapide des viandes congelées. Trois grues déposaient les viandes sur deux tapis collecteurs mécaniques; après un tri grossier, un tapis transporteur les amenait à l'entrepôt où elles étaient réparties par des tapis distributeurs.

Mais, si les entrepôts sont à une faible distance du quai, il n'y a pas d'inconvénient à transporter les viandes congelées de là au navire sans refroidissement, en les mettant simplement à l'abri du rayonnement solaire, et en utilisant de préférence des contenants isothermes.

A Madagascar, par exemple, cette question se posait pour les deux seuls lieux de chargement : Boanamary et Tamatave.

Boanamary, petit cap situé sur la côte nord de l'estuaire très ensablé de Majunga, ne peut être accosté par les navires. De l'usine, située à quai, les viandes sont chargées sur des péniches non refroidies qui les transportent jusqu'aux bateaux ancrés à une centaine de mètres.

A Tamatave, par contre, l'usine est à 1 km. du quai, ce qui nécessitait l'emploi de caissons isothermes. Ceux-ci étaient placés sur des wagonnets et dirigés sur le quai. Avant cette dernière guerre, les navires restaient en rade, et il fallait charger ensuite les caissons sur des chalands. Mais les Anglais prouvèrent en 1942 que le fond était suffisant pour l'accostage.

Actuellement, un tunnel réfrigéré permet, à l'usine, le chargement des viandes dans des wagons isothermes qui les transportent jusqu'aux navires.

G) *Intérêts des viandes congelées.*

Ainsi la congélation, dont la pratique est plus ancienne que celle de la réfrigération est-elle la méthode de conservation la plus sûre et la plus économique pour le transport des viandes.

Les précautions à prendre à bord sont très réduites, puisque l'on peut se contenter d'entasser les viandes dans des cales propres, et de surveiller la température.

Congelées rapidement, ces viandes conservent pratiquement toutes leurs qualités. Encore faut-il au moment de la consommation, d'une part leur faire subir une décongélation lente, qui permet la résorption progressive de l'eau de fusion provenant des petits cristaux de glace, d'autre part, les faire ensuite cuire à feu vif, afin d'en coaguler la surface et d'éviter ainsi l'écoulement de leur suc.

— Depuis quelques années, grâce à la congélation des viandes désossées, qui prend une extension croissante, on réalise des gains de tonnage supplémentaires.

IV. — VIANDES CONGELEES DESOSSEES

Nous essayerons de juger le pour et le contre de cette pratique à la lumière des résultats déjà obtenus.

1°) Présentation.

La présentation de ces viandes et leur préparation varient quelque peu selon les pays, mais leur principe en est toujours identique : les os sont enlevés, et les viandes sont séparées par catégories en plusieurs lots. Ce decoupage permet également d'éliminer les déchets, tendons, aponévroses, et une partie de la graisse. Ainsi rien n'est congelé inutilement.

Les viandes sont préparées par paquets de 25 kg. généralement. Plus importants, ces derniers ne pourraient être refroidis assez rapidement, et c'est là le point délicat.

En effet, aussi bien agencé que soit l'entassement de la viande, les différents morceaux ne peuvent pas adhérer les uns aux autres parfaitement, et ils sont séparés, par endroits par des espaces remplis d'air. Du reste, les morceaux augmentent de volume au cours de la congélation, si bien que ces espaces se modifient. Le refroidissement, irrégulier du fait de la mauvaise conductibilité de l'air, peut être cependant mené rapidement.

Pendant ces dernières années de guerre, 1939 à 1945, l'exportation des viandes congelées désossées à commencé à Madagascar. L'emballage était le même que celui des quartiers : stockinette et toile de jute, dans lesquelles étaient entassés les morceaux, de façon à obtenir approximativement des sphères. Celles-ci étaient suspendues dans les chambres de congélation, de sorte qu'en fin d'opération, elles étaient devenues piriformes.

Les Etats-Unis préparèrent aussi des viandes désossées pour les besoins de leurs troupes d'opérations : les viandes étaient

tassées dans des récipients métalliques rectangulaires, inoxydables, tapissés intérieurement de cellophane, et qui étaient refroidis rapidement. C'est sous cette forme, que les viandes étaient expédiées. Elle permet d'utiliser au mieux le cubage des entrepôts et des navires. Cette pratique prendra vraisemblablement de l'extension partout.

Depuis 1944, elle a été appliquée en France et en Allemagne pour le ravitaillement de la I^ere^ Armée Française et des troupes d'Occupation; il serait intéressant de la voir employée au moins pour une partie de nos viandes d'importation.

Nous pouvons, grâce à Monsieur le Vétérinaire Lieutenant-Colonel GUYOT, apporter ici quelques précisions.

2°) PRÉPARATION.

Par suite de la pénurie de carton, les viandes sont congelées et transportées dans des caisses de bois.

La congélation s'effectue dans un tunnel, où est mise en action une circulation rapide d'air à — 30°, les caisses étant disposées de façon à ce que l'air puisse circuler parfaitement entre elles. On peut interrompre la congélation lorsque le centre des caisses, exploré par sondage thermométrique atteint — 10°. Il a été en effet prouvé que, du fait de l'irrégularité du refroidissement due aux poches d'air, le centre peut se trouver à — 6°, sans que la totalité soit congelée, certains points restant à une température supérieure à — 4°; au contraire, la température centrale de — 10° offre une sécurité suffisante. L'uniformité se réalise ensuite peu à peu pendant l'entreposage.

La congélation sans couvercle s'effectue en 14 heures, mais présente certains inconvénients : si les ouvriers remplissent exagérément les caisses, il n'est plus possible après le gonflement par congélation, de clouer les couvercles. De plus, à ce moment, les ouvriers, qui doivent manipuler et clouer les caisses, dont la température est aux environs de — 20°, sont maladroits, travaillent moins bien et moins rapidement.

Il est donc préférable de clouer les couvercles avant la congélation, bien que celle-ci soit nettement ralentie et dure alors

20 heures. Mais il est nécessaire de laisser sous le couvercle un espace qui permette l'augmentation de volume des viandes, sans être excessif, afin de ne pas ralentir exagérément la congélation.

Les caisses sont cerclées par trois feuillards métalliques.

3°) Avantages des viandes désossées.

A) *Gain de place.*

Outre le poids des déchets dont on évite le transport, on gagne tout le poids des os, qui constitue 15 à 30 % du poids total des quartiers.

Il est vrai que celui des caisses le compense partiellement. Elles pèsent 3 kgs. pour une contenance de 25 kgs. de viande. Mais le bois sera remplacé, dès que les circonstances le permettront, par deux épaisseurs de carton armé, accolées et paraffinées, si bien que les mêmes caisses ne pèseront plus qu'un kilo.

De toutes façons, même si les caisses compensaient totalement le poids des os, elle permettraient encore un gain de place énorme, puiqu'on peut les accoler parfaitement les unes aux autres.

C'est ainsi qu'un wagon, capable de contenir 7.200 kgs. de viande nette, en quartiers, en transporte sous cette forme aisément une tonne de plus. Ceci devient particulièrement important pour certaines viandes provenant d'animaux à faible rendement, comme ceux de Madagascar. On transporte dans ces cas un pourcentage élevé d'os.

De plus, le gouvernement fixe un poids minimum pour les quartiers d'importation, quels qu'ils soient. Celui-ci se montait à 45 kgs. avant 1939, alors que 75 % des quartiers antérieurs n'atteignent pas ce poids à Madagascar. Sous forme de viande désossée, rien ne s'oppose donc à l'expédition de ces viandes.

Ce gain de place est d'un grand intérêt économique. Il permet, avec un même tonnage, de transporter une plus grosse quantité de viande; et, avec une même capacité d'entreposage, de réaliser un stock plus important.

La disposition des caisses dans le tunnel de congélation permet également de congeler sous cette forme plus de viande que ce ne serait possible avec des quartiers, et d'augmenter par conséquent la production.

B) *Augmentation de la durée de conservation hors des locaux froids.*

La densité de l'empilage des caisses réalise un volant de froid bien plus important que l'entassement de quartiers; l'air ne circule pratiquement pas dans toute cette masse.

Une expérience, effectuée par les vétérinaires militaires de l'Inspection des Subsistances, démontra qu'il était possible, dans ces conditions, de conserver les viandes plusieurs jours sans refroidissement, et que la décongélation se faisait très lentement :

28 caisses, après un séjour de 8 jours en wagon simplement isotherme, furent empilées dans un local, le 4 mai 1945, recouvertes par une épaisseur de 30 cm. de paillasses, et elles y séjournèrent 11 jours.

La température extérieure resta les trois premiers jours aux environs de + 7°, et les huit derniers jours entre + 17° et + 21°.

La décongélation ne commença que le septième jour ; au onzième jour, les caisses supérieures avaient une température de + 7° à +10°, et les caisses profondes de 0° à + 1°.

Cependant la prolongation de la conservation en atmosphère non refroidie ne saurait être mise à profit pendant les longs transports, et elle ne permet pas de supprimer le refroidissement des cales des navires.

Mais les viandes destinées à être consommées rapidement, pourraient très bien être, dès le débarquement, transportées par wagons isothermes non réfrigérés ou même par wagons ordinaires, selon les saisons.

C) *Facilité de manutention — Hygiène.*

Les manutentions sont aisées, et permettent un gain de

temps pendant les transports, le stockage et la distribution. Les viandes ne risquent guère d'être souillées.

D) *Récupération des sous-produits.*

Les os, graisses, tendons et déchets qui seraient le plus souvent perdus à l'échelon des consommateurs, sont au contraire récupérés à l'usine de congélation et traités industriellement.

E) *Présentation avantageuse.*

Au moment de la répartition, il n'est pas utile de faire subir de préparations aux viandes. L'intervention du boucher n'est pas indispensable et le travail est bien simplifié. Les viandes sont déjà classées par catégories :

— Viandes à rôtir.
— Viandes pour braiser et ragoûts.
— Viandes à pot-au-feu, ces dernières pouvant être utilisées, à la réception, pour la fabrication de saucissons.

Nous parvenons à nous faire une idée des proportions relatives de ces trois lots, en observant les chiffres de poids trouvés à Toulouse par MM. G. LINON, R. DULAC et G. CAPELLE, valables pour le découpage de bovins de race gasconne.

Nous en avons déduit les pourcentages suivants :

	Qualités	Pourcentages d'os par rapport au poids total de la carcasse	Pourcentages par rapport au poids total de viande désossée		
			Viande 1ère catégorie	Viande 2e catégorie	Viande 3e catégorie
Bœuf	1ère	16,6	44,5	23	32,5
Vache	1ère	18,7	48,5	24	27,5
Bœuf	2e	19,2	43	26,5	30,5
Vache	2e	25	49,7	26,5	23,8
Bœuf	3e	24	45,7	29,3	25
Vache	3e	30	45	31	24

F) *Conclusions.*

La pratique de la congélation des viandes désossées présente des avantages très nombreux, mais elle est particulièrement indiquée pour le ravitaillement des armées, surtout en période de campagne.

En effet, il est beaucoup plus facile qu'avec des quartiers de viande d'effectuer une répartition équitable entre les diverses unités. Les quartiers diffèrent les uns des autres, souvent considérablement par leurs proportions d'os et la catégorie des viandes les constituant. Ordinairement d'ailleurs, les spécialistes manquent pour découper correctement les morceaux.

De plus, la facilité de manutention est d'intérêt prépondérant. Les unités viennent parfois d'assez loin se ravitailler au centre de distribution, au moyen de véhicules mal fermés. Que de fois a-t-on pu constater, à l'arrivée de quartiers congelés, une véritable couche de boue à leur surface, composée par les poussières soulevées sur les routes défoncées, et agglomérées par l'eau de condensation provenant du réchauffement trop brusque des quartiers.

Le transport des viandes en caisses, au contraire, se réalise en d'excellentes conditions d'hygiène.

Enfin, la durée de conservation hors des locaux froids est un avantage qui ne peut être passé sous silence, car les cantonnements de fortune des troupes ne sont pas outillés pour conserver les viandes congelées dans des conditions favorables, ne seraient-ce que quelques jours. De plus, le ravitaillement est parfois irrégulier et sous la dépendance des opérations en cours.

Même en été, grâce à l'empilage des caisses, la décongélation se fait très lentement, beaucoup mieux qu'à l'air libre dans des magasins surchauffés.

Mais l'Armée n'est pas la seule intéressée, et Monsieur le Docteur PIETTRE pense que cette préparation des viandes, « Boneless meat » pour les Américains, aurait un grand intérêt économique si elle était appliquée en France aux viandes foraines.

Cela serait de réalisation simple, alors que trop souvent encore, la conservatoin et le transport de ces viandes laissent

beaucoup à désirer. En été, les viandes désossées seraient congelées, et en hiver, elles seraient seulement réfrigérées.

Il est possible aussi que nos importations en viandes congelées désossées, soient appelées à augmenter.

D'ailleurs l'avenir nous réservera peut-être des nouveautés.

TROISIÈME PARTIE

POSSIBILITÉS D'AVENIR

I. — VIANDES ULTRA-CONGELEES

Il est fortement question depuis quelques années des viandes ultra-congelées qui permettraient d'obtenir une augmentation de la durée de conservation et surtout un maintien plus parfait de toutes les qualités organoleptiques. Ce problème n'intéresse pas uniquement les transports; il porte sur toute la chaîne du froid, puisqu'il implique la constance de — 18° pendant toute la durée de la conservation.

Il faudrait modifier la puissance des machines frigorifiques, depuis celle des chambres de congélation, jusqu'à celles des entrepôts frigorifiques et des navires.

Sans vouloir proposer de conclusions qu'aucune expérience assez vaste n'est venue confirmer en France, nous prendrons en considération les arguments en faveur de cette technique.

Cela nous entraîne à considérer les progrès successifs de la congélation.

1°) Durée ordinaire de la congélation.

La congélation habituelle dure plusieurs jours. Le Docteur Piettre l'a décrite, telle qu'elle est conçue dans les pays d'Amérique du Sud : au sortir de l'abattoir, les demi-carcasses sont

directement admises dans les chambres de réfrigération où elles séjournent 20 heures. Elles sont ensuite transportées dans les chambres de congélation, où il est nécessaire de les laisser 50 heures.

Un thermomètre, atteignant par un trou de sonde la profondeur de la viande, permet de suivre la marche de la congélation et d'en tracer la courbe en fonction du temps. Celle-ci témoigne d'un abaissement progressif de la température dont la régularité est coupée cependant par un plateau situé aux environs de — 2°. Cette température se maintient sensiblement pendant 20 heures à peu près, puis elle baisse à nouveau régulièrement. C'est donc à ce moment que se produit la cristallisation de la majeure partie de l'eau de constitution.

Le refroidissement, dans ce cas, ne s'effectue que grâce aux mouvements de convexion de l'air des locaux refroidis par un réseau de serpentins sur leurs parois.

2°) Congélation rapide.

Le principe de la congélation rapide est d'accélérer la vitesse de refroidissement, afin d'obtenir de plus petits cristaux de glace, donc moins de désordres histologique, et de laisser moins de temps à la séparation de l'eau et à la concentration des sels.

Ceci a été réalisé en améliorant l'échange de chaleur : les viandes ne pouvant supporter le contact direct de l'agent réfrigérant, c'est-à-dire de la saumure, trois procédés principaux leur ont été appliqués :

A) *Technique de* Birdseye.

La technique de Birdseye appliquée au « congélateur à plateau monobloc », s'utilise en Amérique :

Cet appareil, armoire mobile de congélation, permet de comprimer les viandes, placées dans des boites de carton, entre deux

plateaux métalliques refroidis par des canaux où circule l'agent frigorigène.

La durée de congélation, variable selon l'épaisseur de viande, est d'environ 1 heure et demie.

Mais cela ne peut concerner que de très petits morceaux de viande.

B) *Technique de* HOVEMAN.

La technique de HOVEMAN permet de congeler des quartiers entiers.

Ceux-ci sont entourés d'une enveloppe de latex expansé qui leur adhère par le vide et qui est refroidie par contact direct de saumure.

La congélation ne dure que 15 à 16 heures et le palier est de 4 heures seulement.

Cette technique excellente n'a pas pris d'extension.

C) *Refroidissement par circulation forcée d'air.*

Ce système est au contraire pratiqué couramment même en Europe. Les viandes sont placées dans un tunnel où l'air refroidi à — 25° ou — 30°, circule rapidement, généralement à une vitesse de 3 m./sec. La durée de congélation est environ de 20 heures.

3°) CONGÉLATION A TRÈS BASSE TEMPÉRATURE.

La congélation à très basse température n'est pratiquement intéressante que si elle est également effectuée rapidement. Ce n'est donc qu'une amélioration de la technique de la congélation rapide.

A) *Atténuation des phénomènes biologiques.*

Les différents phénomènes biologiques qui peuvent altérer les viandes, provoquer la rancidité des graisses ou modifier les qualités organoleptiques sont encore moindres aux très basses températures.

B) *Faible augmentation de la proportion d'eau congelée.*

Suivons la congélation du plasma musculaire qui est une solution colloïdale :

c'est à — 1,5°, son point cryoscopique, que la glace commence à se former.

La glace se sépare, et la solution se concentre.

Si l'on abaisse davantage la température, la proportion d'eau congelée augmente d'abord extrêmement vite, puis de plus en plus lentement :

à — 2,5°, 67 % de l'eau est congelée,
à — 4°, 75 %,
à — 8°, 83 %,
à — 30°, 96 %.

Il n'est donc pas nécessaire d'atteindre de très basses températures pour obtenir un très fort pourcentage d'eau congelée.

C) *Stabilisation de la concentration du plasma musculaire et des cristaux de glace.*

Il est cependant une température intéressante : celle de — 17,5°, correspondant au point cryohydratique : à ce moment, la solution est saturée, de sorte qu'une nouvelle formation de glace entraîne un dépôt des substance en solution. L'eau ne peut donc plus se séparer des substances dissoutes; cet ensemble se solidifie en masse.

Il y a donc intérêt à conserver les viandes à une température inférieure à — 17,5°, car, théoriquement, les faibles oscillations de température inévitables pendant la conservation ne peuvent plus provoquer de nouvelles séparations de glace pure, et les cristaux de glace existant ne peuvent plus augmenter de volume. La concentration du plasma musculaire est stabilisée.

Nous avons signalé, à propos de l'importance d'une fixité de température, qu'il en était autrement aux températures habituelles de conservation.

Il serait donc intéressant d'abaisser très rapidement la température jusqu'à ce point, et de l'y maintenir pendant toute la durée de conservation.

D) *Phénomènes secondaires.*

En réalité, la congélation des viandes est plus complexe, du fait du nombre élevée de substances en solution et de l'état colloïdal.

Des phénomènes de surfusion entrent en jeu, étant donné l'état extrême de division de l'eau des colloïdes.

De plus, il se produit, aux très basses températures, une floculation de certaines substances protéiques. Celles-ci ne peuvent pas se regonfler lors de la décongélation car la modification est irréversible.

Mais, selon le Docteur PIETTRE, il est vraisemblable que cette « dénaturation des protéines » influe moins sur la valeur et les qualités des aliments, que ne le font les modifications de texture des tissus dues aux cristaux de glace.

La congélation à — 17,8° est déjà réalisée industriellement par les congélateurs à plateau monobloc, mais non encore pour les quartiers entiers de viande.

L'avenir montrera si l'augmentation des qualités de telles viandes est suffisante pour justifier le surcroît de dépenses qu'elle nécessiterait.

Au moment de reconstruire notre flotte frigorifique, il serait utile d'être fixé sur une telle éventualité.

Mais d'autres innovations sont encore possibles, et il ne serait pas étonnant qu'un nouveau moyen de transport vienne concurrencer ou supplanter les navires.

II. — TRANSPORTS PAR AVIONS

La flotte aérienne a pris ces dernières années une extension considérable. Le transport de viandes par avion ne paraît nullement du domaine de l'imagination, et présenterait de multiples avantages.

1°) Refroidissement facile.

Leur rapidité est telle, que l'on conçoit facilement des avions utilisés pour les viandes congelées, simplement refroidis au moyen de glace carbonique, dont la consommation, en si peu de temps, ne serait pas très élevée.

Mais l'avion chargé de viandes réfrigérées est, peut-être, de conceptions plus intéressante encore, car aucun moyen de refroidissement n'est à prévoir.

Il réglerait son altitude de vol selon les saisons, et même en pleine période de chaleur, il trouverait à 3.000 ou 4.000 m. une température convenant à sa cargaison.

La ventilation, elle aussi, serait d'une simplicité extrême. Des prises d'air réglables, sur les côtés du fuselage, fonctionnant par la simple vitesse de l'avion, permettraient d'obtenir à souhait tous les degrés de ventilation.

La ventilation pourrait être mise en action pendant les premières heures de marche, pour sécher l'humidité qui se serait déposée sur les viandes au moment du chargement, et pour amener l'air intérieur à la température des grandes altitudes.

Ensuite, elle serait interrompue presque totalement pour éviter la dessiccation des viandes.

Ce moyen nous permettrait de nous approvisionner même à Madagascar, en viandes réfrigérées, alors que jusqu'à présent cette colonie ne nous ravitaille qu'en viandes congelées et de conserve.

Pour les longs parcours exigeant plusieurs étapes, il suffirait de faire des escales brèves et de nuit, à moins que l'avion ne soit isolé thermiquement.

2°) Transport porte a porte.

L'avion a le grand avantage de réaliser la liaison porte à porte, sans aucune manipulation depuis le lieu de production jusqu'aux grands centres de consommation, contrairement au navire.

Ceci permet des économies de main-d'œuvre, et supplée à une chaîne du froid.

En Afrique du Nord, précisément, où cette chaîne est encore très insuffisante, l'avion rendrait de grands services.

3°) Avantages du producteur.

L'abattoir s'érigerait au lieu de production et non pas au port d'embarquement, comme cela existe souvent, si bien que le producteur pourrait vendre sur place. La rapidité du transport éviterait de plus que des fluctuations du cours des viandes ne se produisent entre le moment du chargement et l'arrivée à destination.

4°) Grande puissance de « tonnes-kilométriques ».

L'avion compense par sa vitesse la quantité relativement faible de marchandise qu'il peut transporter. C'est pourquoi sa puissance en tonnes-kilométriques peut concurrencer celle des navires :

Un avion moyen portant 5 tonnes de viande réfrigérée à 280 km./h., produit pendant un temps identique le même nombre de tonnes kilométriques qu'un navire filant 15 nœuds (28 km./h.) chargé de 50 tonnes de viandes réfrigérées, c'est-à-dire ayant une petite cale froide de 150 m^3, abstraction faite des autres marchandises.

20 de ces avions auraient donc la puissance d'un gros navire possédant 3.000 m^3 de cales froides.

Ainsi, grâce à une rapide succession des voyages, une centaine d'avions suffiraient à assurer la totalité de nos importations en viande d'avant 1939.

Mais celles-ci vont peut-être s'amplifier; nous pouvons tout au moins évoluer vers une participation plus importante de nos colonies dans notre ravitaillement en viande, car leur production n'a pas atteint son plafond. C'est l'aspect quantitatif du problème des transports.

III. — POSSIBILITES DE NOS COLONIES

L'appréciation des potentialités coloniales de production ne peut se faire qu'après études minutieuses; cependant, pour avoir une idée du trafic à venir sur les différentes lignes, il faut nous rapporter à quelques chiffres.

Les seules colonies qui sont susceptibles d'exporter des viandes sont : Madagascar, l'Afrique du Nord, et l'A. O. F. Nous envisagerons leur cas séparément.

1°) Madagascar.

A) *Production.*

Le troupeau de bovins de Madagascar comprend 7.500.000 têtes, essentiellement des zébus et quelques croisements entre ces derniers et des bovins importés.

Toute la production de viande congelée était dirigée sur la France, elle oscillait entre 7.000 et 10.000 tonnes par an. 200 à 1.500 tonnes de viande congelée de porc s'ajoutaient à ces chiffres; ces derniers portant sur la période d'avant 1939, car la production a beaucoup baissé pendant la guerre.

Mais la production totale de viande dépassait le double de ces données. Une grosse proportion servait à la fabrication de conserves. Au total 100.000 bovins étaient abattus annuellement dans les grands abattoirs.

L'usine frigorifique de Tamatave congelait en moyenne 100 bovins par jour, pendant 7 à 8 mois, et produisait tout le porc congelé de la colonie. Trois navires de la Nouvelle Compagnie Havraise Péninsulaire transportaient ces viandes vers la Métropole.

L'usine de Boanamary congelait au grand maximum 50.000 bovins par an, qui étaient expédiés en France sur des navires de la Compagnie Anglaise « Blue Star Line ».

B) *Améliorations à envisager.*

Mais un si grand troupeau est appelé à produire davantage. Il pourrait du reste accroître sa qualité, car Madagascar ne produit que des viandes de deuxième qualité, la moyenne des carcasses de bovins étant d'un poids de 188 kgs.

Ce serait réalisable par l'application des méthodes de sélection et de croisement, et la pratique de l'élevage extensif.

— Des essais de croisement ont été entrepris. Malheureusement trop de races françaises ont été importées simultanément, et les résultats ne purent être concluants. Il semble pourtant que ce soit les bovins de race charollaise qui donnent les meilleurs produits de boucherie par croisement avec les zébus.

— Le système des estancias d'Amérique du Sud mériterait d'être appliqué : cela se conçoit par la division des terres en grandes concessions, comprenant à l'origine de bonnes terres et des terres incultes, et pour lesquelles il faut prévoir suffisamment de points d'eau et des voies d'évacuation des troupeaux vers les grands centres.

Les animaux agissent peu à peu sur la partie inculte du sol, en l'engraissant de leurs déjections, et parfois par l'action de tassement de leurs sabots.

De nouveaux pâturages apparaissent ainsi, la surface productrice augmente. Simultanément, une partie de la concession peut être clôturée, afin d'isoler les animaux importés, de race pure, et leurs produits de croisement.

Un essai de ce genre a été entrepris, en 1926, près de Diego-Suarez, mais n'a pas pu être poursuivi suffisamment longtemps.

Madagascar produit des viandes congelées de qualité satisfaisante. Un effort accompli pour les améliorer, et pour augmenter leur production, leur permettrait sans doute de remplacer nos importations d'Amérique du Sud.

En effet, la France importait de l'Etranger, en 1938, 5.000 tonnes de viandes congelées de bovins.

De toute façon, le chiffre de production de 10.000 tonnes pourrait être augmenté.

2°) Afrique Occidentale Française.

A) *Obstacles à la production.*

L'élevage en A. O. F. rencontre de nombreux obstacles. Le climat est défavorable au développement des animaux. Les indigènes pratiquent la nomadisation des troupeaux, et réalisent des croisements variés et au hasard.

Sur toute l'étendue de cette colonie règnent des piroplasmoses, contre lesquelles les animaux sont plus ou moins bien immunisés.

Au Sud, sévissent des épidémies de peste bovine et des trypanosomiases.

L'élevage n'est pratiquement intéressant qu'au nord de la limite des mouches Tsé-tsé, entre le 14° et le 18° parallèles.

L'état sanitaire a cependant réalisé de grands progrès grâce aux efforts du service vétérinaire dirigé par M. Curasson : institution de la sérothérapie, puis la séro-vaccination antipesteuse, création d'écoles d'aides-vétérinaires indigènes...

B) *Production.*

On évalue le troupeau à 6.600.000 bovins, 8.500.000 ovins sans compter les caprins et les porcins.

La plupart des bovins sont employés uniquement au travail. Une partie de la production annuelle de viande est exportée vers les Colonies Anglaises voisines.

Le salage et le séchage des viandes maigres méritent d'être développés et amélioreraient le ravitaillement des indigènes.

Mais le nombre des animaux assez gras pour être congelés est très réduit.

C) *Améliorations à envisager.*

En 1923, des croisements charollais-zébus aboutirent à des produits très près du charollais et de résistance suffisante. De même quelques verrats Yorkshire furent importés. Mais de nom-

breux obstacles et le manque de crédits interrompirent et annihilèrent pratiquement tous progrès. Ces essais devraient être repris. Le système des estancias d'Amérique du Sud permettrait le développement du troupeau : le Sahel mauritanien et le Sahel soudanais pourraient de cette façon nourrir 6.000.000 de moutons.

Des estancias à bovins seront peut-être réalisables, à côté des cultures de cotonniers, dans la zone qui sera irriguée par le barrage de Sansanding sur le cours moyen du Niger.

D) *Prévisions.*

Il est difficile de prévoir les quantités de viandes exportables, car l'indigène se nourrit très mal, consomme 6 kgs. de viande seulement par an, et s'il doublait sa consommation, les exportations ne seraient plus possibles.

Celles-ci n'ont jamais été importantes.

L'abattoir frigorifique de Lyndiane n'a fonctionné que 3 ans, de 1914 à 1917, il a exporté en tout 5.000 tonnes de viandes congelées.

Avant 1939, seul Dakar produisait de la viande congelée et n'en exportait guère que 500 tonnes par an, constituant surtout des vivres de bord pour les navires qui y faisaient escale.

Il serait cependant possible de produire chaque année un nombre appréciable d'animaux suffisamment en état pour être congelés. Au total 30.000 bovins, 250.000 ovins et 12.000 porcins.

Cela ne serait réalisable qu'à la condition d'établir une chaîne du froid en A. O. F.

C'est à Dakar qu'il serait économiquement le plus indiqué de construire un grand abattoir frigorifique et un entrepôt frigorifique bord à quai.

Cette installation permettrait d'exploiter le bétail de la région. Mais, les déplacements d'animaux sur les grandes distances à pied, ou par voie ferrée, exigeant de longs délais et se traduisant par un pourcentage élevé de pertes, il faudrait

créer, en plus, des abattoirs et des frigorifiques dans les principaux centres, en particulier à Kayes et à Bamako.

Ces viandes de bonne troisième qualité rendraient des services en France, bien qu'il faille compter sur des poids de carcasses assez faibles : 150 kgs. pour les bovins, 15 kgs. pour les ovins, en moyenne.

3°) Afrique du Nord.

A) *Progrès réalisés depuis* 1933.

La technique du froid a fait prendre depuis 1933, une grande extension au commerce des ovins d'Afrique du Nord, qui jusqu'alors ne portait que sur les animaux vivants. Ce progrès, appelé à s'affirmer encore, ne supprimera pas les exportations d'animaux vivants; animaux qui ne sont pas parvenus à un état de développement parfait, et qui, arrivés en Provence, dans les Alpes, ou dans le Centre, continuent leur engraissement.

— Mais le transport des carcasses sous le régime du froid ne présente que des avantages, lorsqu'il s'agit d'ovins considérés comme parvenus au terme de leur développement, et aptes à la boucherie. En effet, les transports par bateau d'animaux vivants, nécessitent des frais de nourriture, une surveillance sérieuse; les animaux soumis à de mauvaises conditions d'hygiène, maigrissent; la qualité, le goût des viandes s'en ressentent, et les risques de maladies contagieuses ne sont pas écartés.

— Les agneaux, en particulier, supportent mal le transport à l'état vivant, et sont exportés en proportion croissante sous forme de carcasses réfrigérées.

— Enfin le transport de moutons vivants du Maroc Occidental, par les ports de l'Océan, serait de trop longue durée; et l'exploitation par la Métropole des viandes provenant de cette région n'est devenue possible que depuis l'application du froid.

B) *Production avant* 1939.

Les 3/4 environ des carcasses étaient simplement réfrigérées et 1/4 congelées.

La production étant saisonnière : de mars à octobre pour le Maroc, de février à septembre pour l'Algérie et la Tunisie, la viande congelée permettait de régulariser le trafic.

Toute l'exportation ovine allait à la Métropole.

a) Maroc.

Le troupeau du Maroc compte 9.300.000 ovins.

En 1938, 165.000 animaux vivants furent exportés par les ports Algériens d'Oran et Nemours, et 150.000 carcasses par Casablanca.

— Seul l'abattoir de Casablanca, situé à 5 km. du port, est doté d'installations frigorifiques. Il peut congeler mensuellement 60.000 carcasses.

b) Algérie.

Le troupeau est de 6.300.000 têtes. L'exportation annuelle en animaux vivants oscillait entre 600.000 et 1.200.000 têtes, et, en carcasses, elle atteignait 100.000 têtes, dont 70.000 par Alger, et 30.000 par Bône et Oran.

— Il existe en Algérie trois abattoirs frigorifiques importants, leurs possibilités mensuelles de réfrigération sont respectivement : pour celui de Maison-Carrée 60.000 carcasses, pour celui d'Alger 16.500 carcasses; et pour celui de KROUBS, centre de production du département de Constantine, 18.000 carcasses.

c) Tunisie.

Le troupeau est de 2.500.000 têtes. Les exportations annuelles, se chiffrant de 20.000 ou 30.000 animaux vivants, et 80.000 carcasses, se faisaient surtout par le port de La Goulette.

C) *Améliorations à envisager.*

Des progrès importants pourraient être réalisés dans le domaine de l'élevage.

Particulièrement en Algérie, il faudrait prévoir l'aménagement de points d'eau sur les hauts plateaux, d'abris pour les

animaux, de réserves de fourrages, et l'augmentation de la production de fourrage grâce à l'irrigation par la construction de barrages.

Le troupeau algérien pourrait atteindre 10.000.000 de têtes.

De gros progrès devront être réalisés dans le domaine de la chaîne du froid : abattoirs frigorifiques, entrepôts aux ports d'embarquement, et liaisons par voie ferrée avec wagons isothermes et réfrigérés.

a) Maroc.

On évalue à 700.000 le nombre de carcasses qui pourraient être exportées chaque année; dont 470.000 par Casablanca et 230.000 par Oran. Ceci nécessiterait l'existence d'entrepôts frigorifiques bord à quai. Il faudrait en outre ériger des abattoirs frigorifiques près des divers centres de production : des abattoirs à Marrakech, Béni-Mellal, Meknès, desserviraient le port le Casablanca, et celui d'Oujda desservirait Oran.

b) Algérie.

L'lAgérie pourrait exporter jusqu'à 600.000 carcasses. Les trois abattoirs avec frigorifiques existants seraient suffisants pour la préparation de ces carcasses. La répartition serait pourtant plus équilibrée si l'on en construisait un quatrième dans le département d'Oran.

Mais il n'existe aucun entrepôt portuaire. Il en faudrait un à Alger pour le transit des carcasses provenant d'Alger et de Maison-Carrée; un à Philippeville pour celui des carcasses de Kroubs; et un à Oran qui servirait à la fois au transit des viandes d'Oranie et du Maroc Oriental.

c) Tunisie.

Tout reste à créer comme au Maroc : abattoirs avec frigorifiques aux principaux centres de production : Le Kef, Kairouan, Djelma, Gafsa; et un entrepôt frigorifique de relais à Tunis.

D) *Conclusion.*

Au total, l'Afrique du Nord pourrait exporter 1.500.000 carcasses chaque année, c'est-à-dire quatre à cinq fois plus qu'elle ne le faisait.

La Métropole parviendrait sans doute à absorber toute cette production. En effet, elle importait annuellement 150.000 à 300.000 carcasses d'ovins de l'Etranger, dont elle pourrait se passer à l'avenir.

De plus, la consommation annuelle du Français en viande de mouton, qui est seulement de 2,3 kgs. sur un total de 35 kgs. de viande, pourrait facilement augmenter. L'Anglais consomme 13,7 kgs. de mouton sur un total de 63 kgs.

CONCLUSION

1°. — Intérêt d'une puissante flotte frigorifique.

— Après l'expérience des deux dernières guerres, qui révélèrent l'insuffisance de notre flotte frigorifique, il faudrait prévoir plus largement sa reconstruction.

— Il serait souhaitable que cette flotte permette une exploitation plus complète de nos ressources coloniales.

— L'Afrique du Nord pourrait satisfaire tous nos besoins en carcasses d'ovins.

— En ce qui concerne les viandes congelées de bovins, nous ferions appel aux pays d'Amérique du Sud, dans la mesure seulement où Madagascar et, peut-être, l'A. O. F. n'y suffiraient pas.

— La réalisation de ces projets implique, simultanément à l'accroissement de notre flotte, le développement de la chaîne du froid dans nos possessions, sans lequel aucun essor nouveau ne peut être espéré dans ce domaine.

2°. — Technique du transport maritime des viandes sous régime du froid.

A) *Viandes congelées.*

Ce sont les viandes congelées qui permettent, par un arrimage dense, la meilleure utilisation de la capacité des cales froides.

Cette économie est plus accentuée dans le cas des viandes congelées désossées.

B) *Viandes réfrigérées.*

Les viandes réfrigérées, plus estimées par les consommateurs, sont aussi plus fragiles.

La Grande-Bretagne est le seul pays qui les transporte sur de grandes distances, au prix de soins attentifs.

Une partie de la production d'ovins de l'Afrique du Nord est expédiée en France sous cette forme. Ces viandes devraient être toujours refroidies avant l'embarquement.

L'utilisation des containers, moins économique que le système des cales réfrigérées, pourrait continuer à rendre des services, tant qu'il y aura insuffisance de la chaîne du froid en Afrique du Nord.

C) *Entrepôts frigorifiques bord à quai.*

La rapidité des manutentions, lors du chargement et du déchargement des navires, est possible grâce aux entrepôts frigorifiques bord à quai.

— Ces opérations sont simplifiées par l'aménagement de navires spécialisés, dont toute la capacité est occupée par des denrées refroidies.

— Au contraire, la conception des petites cales froides sur tous les navires marchands complique le problème, en multipliant le nombre des bateaux qui devraient se succéder le long du quai de l'entrepôt frigorifique :

Ainsi, à moins d'encombrer les ports de nombreux petits entrepôts frigorifiques, les navires seraient obligés d'accoster successivement en deux points : l'un pour les denrées refroidies, l'autre pour le reste de la cargaison.

On pourrait aussi, dans cette éventualité, charger et décharger les denrées stabilisées par le froid, par l'intermédiaire de chalands.

3°. — Modifications possibles de cette technique.

A) *Cales à* — 18°.

Etant donné les progrès de la technique de la congélation

rapide, il faudrait éventuellement prévoir le refroidissement des cales à — 18°.

La qualité exceptionnelle des viandes traitées de cette façon amènera peut-être une diminution de la production des viandes réfrigérées.

B) *Transport par avion.*

Il est enfin très possible, du point de vue économique, qu'une flotte aérienne frigorifique vienne concurrencer la flotte maritime.

— En somme, rien ne nous autorise à apporter des prévisions certaines, et nous n'avons pu que poser le problème dans toute son ampleur.

Vu, le Rapporteur,
Professeur de l'Ecole Vétérinaire :
LOMBARD

Vu, le Président de Thèse :
ROQUES

Vu, le Directeur
de l'Ecole Vétérinaire :
PONS

Vu, le Doyen :
CALVET

Vu etPermis d'Imprimer,
Toulouse, le 14 Janvier 1946
Le Recteur, Président du Conseil de l'Université :
DOTTIN

BIBLIOGRAPHIE

BIDAULT (S.). — Conservation de la viande et du poisson, in-8°, 1927.

CHAULET (P.). — Viandes frigorifiées et exportation des reproducteurs bovins. (*Thèse Doct. Vét.*, Alfort, 1930).

DOUSSON (A.). — Transports frigorifiques des viandes et du poisson. (*Thèse Doct. Vét.*, Lyon, 1938).

FAURE (L.). — Viandes marocaines, industrie frigorifique. (*Thèse Doct. Vét.*, Alfort, 1933).

FONTANI (G.). — Congélation rapide des denrées alimentaires. (*Thèse Doct. Vét.*, Lyon, 1933).

FORTOUL (A.). — Transports maritimes des denrées frigorifiées. Cie des Chargeurs Réunis. Conf., nov. 1943.

LEMAIRE-AUDOIRE. — Rapport sur le transport des viandes et les relations Algérie-Tunisie-Métropole. (*Comité Métropolitain de l'Office Algérien du Froid*, janv. 1944).

PIETTRE (M.). — Application du froid aux denrées alimentaires.

— Transport des viandes et en général des denrées périssables par containers. (*C. R. à l'Acad. d'Agric. de France*, n° 17, 1933, p. 601).

ROBIN (H.). — La glace sèche dans la conservation et le transport des denrées. (*Thèse Doct. Vét.*, Alfort, 1943).

VERGNIAUD (H.). — Chaîne frigorifique transméditerranéenne. (*Comité Métropolitain de l'Office Algérien du Froid*, janv. 1944).

VISCONTINI (V.). — L'exportation des moutons algériens vers la France. (*Thèse Doct. Vét.*, Toulouse, 1938).

Bulletin International de Renseignements Frigorifiques :

— Janv.-fév. 1933. Section IV, n° 18,743. Progrès récents dans l'emploi du CO_2 solide.

— Juillet-août 1933. Section IV, n° 19.728. Exportation en France de moutons algériens abattus dans le Sud (par Ben-Danou).

— Sept.-oct. 1933. Section IV, n° 20.052. Transport de bœuf réfrigéré en atmosphère CO2.

— Nov.-déc. 1933. Section I, n° 20.179. Dératisation des navires.

— Juil.-août 1934. Section III, n° 549. Exportation de bœuf réfrigéré. Préparation du chargement de l' « Idoneus » à l'abattoir de Brisbane.

— Nov.-déc. 1934. Section III, n° 874. Dispositif pour le refroidissement des cales à l'aide de CO2 solide.

— Sept.-oct. 1935. Section III, n° 658. Technique moderne du transport maritime des chargements frigorifiés.

— Nov.-déc. 1937. Section III, n° 595. Règles de sécurité relatives à la réfrigération mécanique sur les bateaux.

— Sept.-oct. 1941. Section III, n° 273. Règlement du Lloyd's Register of Schipping au sujet des machines frigorifiques marines et leurs accessoires.

— Janv.-fév. 1943. Section VI, p. 50. Tableau des conditions à réaliser dans les cales froides.

Actes du V^e Congrès International du Froid. Rome, 1928 :

— Sect. II et IV. Commissions V et XIII. Pratique américaine dans l'isolation marine.

— Sect. I et III. Commission III et VII. Amélioration du traitement des viandes congelées dans les pays importateurs.

Actes du VII^e Congrès nt. du Froid. Hollande, 1936 :

— Sect. IV. Progrès de la réfrigération à bord des navires.

Revue Générale du Froid :

— Déc. 1938. Le « Djebel Nador ».

— Déc. 1941, p. 23. L'entrepôt-gare frigo-maritime de Bassens.

— Oct. 1942, p. 11. Les fréons.

Ice and Cold Storage. Avril 1936. Progrès récents dans la technique constructive des installations frigorifiques marines.

Zeits. f. d. ges. Kalte Ind. Mars 1934. L'emploi de la glace sèche pour le refroidissement des cales des navires.

Le Container. Déc. 1936. Récents types de containers isothermes pour le transport des viandes et des fruits.

Journ. de la Marine Marchande. Déc. 1943. Transports maritimes sous température dirigée (par A. Fortoul).

Revue de Médecine Vétérinaire. Déc. 1944. Coupe et découpage des animaux de boucherie (par G. Linon, R. Dulac et G. Capelle).

Journal de méd. vét. et de zootechnie. Juil. 1935. Les viandes frigorifiées (par R. Vuillaume).

Revue Vét. Milit. Mars 1934, p. 71. Isocadres refroidis dans le transport des viandes destinées au ravitaillement des troupes (par M. Piettre).

TABLE DES MATIERES

PAGES

INTRODUCTION 9

HISTORIQUE 13

AMENAGEMENTS D'UNE FLOTTE FRIGORIFIQUE 23

Machines génératrices de froid 25

Utilisation du froid 36

Contrôle de ces installations 47

Refroidissement des navires au moyen de glace carbonique .. 50

Containers 53

CONDITIONS D'UTILISATION D'UNE FLOTTE FRIGORIFIQUE .. 57

Généralités. 57

Transports des viandes réfrigérées 64

Carcasses et quartiers congelés 79

Viandes congelées désossées 86

POSSIBILITES D'AVENIR. 93

Viandes ultra-congelées. 93

Transports par avions 98

Possibilités de nos colonies 101

CONCLUSION 109

BIBLIOGRAPHIE 113

R. Foulon, Imprimeur, 29, Rue Deparcieux, Paris (14e).